



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학박사 학위논문

유추적 사고를 통한 초등학생들의
에너지문제 해결 과정
- 근거이론을 바탕으로 -

Energy Problem Resolution
Processes through Analogical
Thinking for Elementary Students:
Based on a Grounded Theory

2019년 2월

서울대학교 대학원
협동과정 환경교육 전공
한 승 호

유추적 사고를 통한 초등학생들의 에너지문제 해결 과정

- 근거이론을 바탕으로 -

지도교수 윤 순 진

이 논문을 교육학박사 학위논문으로 제출함

2018년 10월

서울대학교 대학원
협동과정 환경교육 전공
한 승 호

한승호의 박사 학위논문을 인준함

2019년 1월

위 원 장 _____ (인)

부위원장 _____ (인)

위 원 _____ (인)

위 원 _____ (인)

위 원 _____ (인)

국문초록

오늘날 에너지교육의 주된 목표 중의 하나는 학습자들로 하여금 대기오염, 기후변화, 방사능 폐기물 등 과도한 에너지 이용으로 인한 문제들을 이해하고 이를 해결할 수 있는 능력을 배양하는 것이다. 이러한 에너지교육은 사회 현상에 대한 선입관과 생활 습관을 형성하는 초등학교 시기부터 수행되어야 한다. 하지만 오늘날의 초등학교 교육과정은 생활 속에서 다양하고 복잡하게 나타나는 에너지문제에 대하여 실용적이고 창의적인 문제해결 방법을 찾도록 이끄는 데에 한계가 있으므로 에너지문제 해결을 위한 더욱 효과적인 학습 방법을 도입해야 하는 과제를 안고 있다.

따라서 이 연구에서는 이러한 문제해결방법으로서 유추적 사고를 선정하여 학습자들이 생물들의 효율적 에너지 이용방법으로부터 우리가 당면하고 있는 에너지문제에 대한 해결책을 도출하는 과정을 살펴보고자 하였다. 즉, 학습자들이 스스로 유추적 사고를 통하여 에너지문제 해결 방법을 학습하는 과정을 고찰하고 이를 통하여 학습자들이 창의적이고 실용적인 에너지문제 해결책을 찾을 수 있는 에너지교육 방법을 모색하고자 하였다.

이러한 연구 목적의 달성을 위한 연구방법으로서 질적연구방법의 하나인 근거이론방법을 적용하였다. 이에 따라 유추적 문제해결 활동, 집단 면접, 추가 조사를 통하여 자료를 수집하고 이러한 자료에 대한 코딩작업을 통하여 에너지문제 해결책을 도출하는 과정을 상세히 분석하였다.

이러한 코딩 작업은 근거이론방법에 따라 개방 코딩, 축 코딩, 선택 코딩의 순서로 진행하였다. 개방 코딩에서는 유추적 문제해결 활동에 참여한 학생들이 작성한 활동지 내용, 연구 참여 학생들 대상의 면접 자료, 추가 조사 자료를 범주화하였다. 이어지는 축 코딩

에서는 개방 코딩에서 정리한 범주들을 조합하여 이 연구의 중심 현상에 해당하는 유추적 에너지문제 해결에 대한 패러다임 모형을 구축하였다. 마지막으로 선택 코딩에서는 축 코딩의 결과를 바탕으로 현상, 인과 조건, 중재 조건, 전략적 작용/상호작용, 맥락 조건, 결과 등을 서로 통합적으로 연결하여 유추적 에너지문제 해결과정을 도식화하고 이러한 유추적 문제해결 과정에 참여한 학습자들의 유형을 분석하였다.

이러한 연구 결과를 통하여 유추적 사고방법이 기존 사전평가시 제시했던 문제해결책과 비교할 때 더욱 구체적이고 창의적인 에너지문제 해결책을 도출하는 데 유용한 도구가 될 수 있음을 확인하였다. 또한 이 연구를 통하여 학습자들이 유추적 사고를 통하여 에너지문제 해결책을 더욱 효과적으로 찾을 수 있는 방법들을 확인할 수 있었다.

먼저, 학습자들의 사람들과 새들의 에너지문제에 대한 이해도가 이후 에너지문제 해결책을 찾는 과정에 중요한 영향을 미친다는 점을 확인할 수 있었다. 따라서 학습자들의 유추적 문제해결 능력을 높이기 위해서는 해당 문제와 관련하여 어느 정도의 사전 지식 또는 사례 제시가 선행될 필요가 있다는 함의를 도출할 수 있었다.

두 번째 학습자들이 표적문제와 바탕문제 사이의 유사성을 파악한 결과를 구조 유사성 측면에서 국소 대응에서 부분 대응, 일대일 대응으로 구분할 수 있으며 이를 통하여 유사성 찾기의 질적 수준을 알 수 있었다. 특별히 유사성 찾기의 질적 수준이 높은 학습자들이 성공적으로 문제해결책도 찾아낸 결과를 볼 때 학습자들이 표적문제와 바탕문제 사이의 구조 유사성을 정확히 파악할 수 있도록 학습유도가 필요하다.

세 번째 학습자들이 유추적 전이를 통하여 에너지문제 해결책을 잘 찾기 위해서는 이미 알고 있는 바탕문제 해결책의 원리에 대해

여 명확히 이해할 필요가 있다. 특히 유추적 에너지문제 해결 과정은 표면 유사성이 적은 서로 다른 존재들 간의 유사성 대응을 수행하는 과정이므로 바탕문제 해결책의 기본 원리에 대하여 명확한 이해가 있어야 이후 표적문제의 해결책 도출 과정에서 더욱 창의적인 해결책을 생성할 수 있을 것이다.

네 번째 학습자들은 스스로 찾아낸 에너지문제 해결책의 실제 적용가능성에 대하여 판단하는 것이 어렵다는 점을 알 수 있었다. 유사한 요소들 간의 대응을 통하여 문제 해결책을 찾아내는 경우 실제 적용가능성까지 함께 고려하지 않는 경우가 있으므로 이에 적절한 교수자의 도움이 필요할 것이다.

다섯 번째 학습자들이 도출한 문제 해결책은 초기 단계에서는 논리성이 상대적으로 부족한 경우가 많으므로 반복적인 사고를 통하여 문제해결책의 논리성을 높이는 과정이 필요하다. 이 때 교수자와의 문답을 통하여 스스로 문제해결책의 내적 논리성을 향상시킬 수 있다.

마지막으로 학습자들이 유추적 에너지문제 해결과정에서 문제 해결책을 찾을 수 있는 능력을 높이기 위해서는 바탕문제와 표적문제 사이의 유사성에 대한 반복적인 사고가 필요하다. 이 연구에서의 정의한 문제 이해 루프와 유사성 대응 루프를 통하여 표적문제에 다가갔다가 이후 바탕문제로 되돌아오고 나서 다시 바탕문제에서 멀어져 표적문제로 가까이 접근하는 사고의 반복과정이 자유롭게 진행된다면 더욱 창의적이고 실용적인 문제해결책을 도출할 수 있을 것이다.

이러한 연구 결과를 바탕으로 할 때, 이 유추적 사고를 통하여 에너지문제 해결책을 도출하는 과정을 현재 초등학교에 교과과정에 다음과 같이 다양하게 적용할 수 있다. 첫 번째, 과학 교과서에서 등장하는 생물모방 사례를 유추적 사고와 함께 연결시키는 것이

가능하다. 이 연구에서 6학년 학생들이 간단한 원리는 쉽게 이해하는 것을 확인하였다. 따라서 5, 6학년 등 고학년 교과과정에 생물모방 사례와 그 원리를 소개하고 여기에 유추적 사고의 개념을 같이 소개하는 방식을 취할 수 있다. 두 번째, 실과 시간에 유추적 사고를 통한 창의적 기술을 도출하는 활동과 함께 연결시키는 것이 가능하다. 실제로 유추적 사고는 과거로부터 창의적 발견을 해내는 생각의 도구로 이용되어 왔다. 따라서 실과 시간에 학습자들로 하여금 유추적 사고를 통하여 새로운 기술이나 아이디어를 찾도록 하는 것이 가능하다. 세 번째, 사회 과목의 지속가능한 발전과 관련된 단원에 이러한 유추적 에너지문제 해결책 도출과정을 이용하는 것이 가능하다. 지구상의 생물들은 수십 억 년 동안 이 지구의 환경에 최적화된 생활을 해오며 가장 에너지를 효율적으로 사용하고 있는 존재라고 할 수 있다. 따라서 유추적 사고를 통하여 이러한 생물들의 에너지이용으로부터 우리 사회의 지속가능하지 않은 문제점들을 해결하기 위한 방안을 도출하는 것은 매우 효과적일 것이다. 마지막으로 이 연구에서는 과학, 사회 등 여러 가지 교과 과정에 유추적 에너지문제 해결 과정을 다양하게 활용할 수 있도록 앞의 연구결과를 바탕으로 유추적 에너지문제 해결 과정을 위한 표준 지도안을 개발하였다.

주요어 : 에너지교육, 에너지문제, 유추적 문제해결, 근거이론방법, 생체모방, 친환경 에너지 기술

학 번 : 2014-30531

목 차

제 1 장 서론	1
제 1 절 연구 배경과 목적	1
1. 연구 배경	1
2. 연구 목적	10
제 2 절 연구 방법과 절차	11
1. 연구 방법	11
2. 연구 절차	18
 제 2 장 이론적 고찰	19
제 1 절 에너지교육과 에너지문제 해결 학습	19
1. 에너지교육의 목표와 내용	19
2. 에너지문제 해결 학습 과정	28
제 2 절 유추적 문제해결 접근법	33
1. 유추적 문제해결 이론과 사례	33
2. 과학교육에서의 유추적 사고 적용	51
 제 3 장 연구 설계	63
제 1 절 연구대상 선정	64
제 2 절 조사도구 개발	65
제 3 절 자료수집 방법	71
 제 4 장 연구 결과	73
제 1 절 유추적 에너지문제 해결 과정 자료 수집	73
제 2 절 유추적 에너지문제 해결 과정 자료 분석	84

1. 개방 코딩	85
2. 축 코딩	97
3. 선택 코딩	110
제 3 절 유추적 에너지문제 해결 과정 유형 분석	117
 제 5 장 요약 및 결론	121
제 1 절 연구 요약	121
제 2 절 연구 결론과 에너지교육 시사점	128
제 3 절 연구의 의의 및 한계	132
 참고문헌	135
부 록	144
Abstract	159

표 목 차

<표 1-1> 에너지 관련 주요 사고	2
<표 1-2> 에너지교육의 범위와 내용	5
<표 1-3> 근거이론방법의 유형별 특징 비교	12
<표 1-4> 근거이론방법의 코딩과정 요약	14
<표 1-5> 축 코딩에 따른 패러다임 모형의 구성요소	16
<표 2-1> 에너지문제에 대한 교육 목표와 내용	20
<표 2-2> 제7차 교육과정 초등학교 에너지교육 내용	21
<표 2-3> 2009 개정 교육과정 초등학교 에너지교육 내용	23
<표 2-4> 2015 개정 초등학교 교과과정의 주요 에너지교육 내용	25
<표 2-5> 에너지교육에 적합한 교수·학습 방법	26
<표 2-6> 문제중심학습 진행과정	31
<표 2-7> 문제중심학습을 위한 문제해결 계획표 예시	32
<표 2-8> 아르키메데스의 유추적 문제해결 사례	34
<표 2-9> 물리학 이론에 대한 유추적 사고 적용 사례	37
<표 2-10> 유추적 사고를 통한 방사선 암치료 문제해결책 도출 예시	42
<표 2-11> 유추적 문제해결 관련 이론 유형	43
<표 2-12> 생체모방 사례	47
<표 2-13> 에너지문제 해결을 위한 생체모방 사례	57
<표 2-14> Teaching-With-Analogies(TWA) 모델	20
<표 2-15> 빛의 굴절 현상에 대한 유추적 사고 적용결과	58
<표 2-16> 식당 개념으로부터 유추를 통하여 광합성 개념	

이해	60
<표 2-17> 초등학교 교과과정의 생체모방 사례	61
<표 3-1> 유추적 문제해결을 통한 친환경 에너지 기술 아이디어 개발	67
<표 3-2> 유추적 에너지문제 해결과정에 대한 면접 질문	70
<표 4-1> 유추적 문제해결 교육 프로그램 활동결과	76
<표 4-2> 유추적 에너지문제 해결 학습모델 개발을 위한 코딩 내용	84
<표 4-3> 사람들의 에너지문제 원인 범주화	86
<표 4-4> 에너지문제 해결에 대한 사전지식 범주화	87
<표 4-5> 사람들과 새들의 에너지문제 사이의 유사성 찾기 결과 범주화	89
<표 4-6> 새들의 에너지문제 해결책에 대한 이해 범주화	90
<표 4-7> 새들의 에너지문제 해결책으로부터 사람의 에너지 문제 해결책 찾기 결과 범주화	91
<표 4-8> 사람들의 에너지문제 해결책 도출 결과 범주화	93
<표 4-9> 유추적 에너지문제 해결과정에 대한 개방코딩 결과 종합	94
<표 4-10> 유추적 사고를 통한 사람과 새들의 에너지문제 유사성 찾기 결과	101
<표 4-11> 유추적 사고를 통한 에너지문제 해결책 개발결과 (북극제비갈매기)	102
<표 4-12> 유추적 사고를 통한 에너지문제 해결책 개발결과 (펭귄)	102

<표 4-13> 유추적 사고를 통한 에너지문제 해결책 개발결과 (토코투칸)	103
<표 4-14> 연구참여자들의 유추적 에너지문제 해결 학습결과 범주화	117
<표 4-15> 유추적 에너지문제 해결 교육과정 참여 학습자들의 유형 분석	119

그 립 목 차

<그림 1-1> 에너지교육 시스템 개념도	4
<그림 1-2> 연구 절차 흐름도	18
<그림 2-1> 직교 좌표에서 극 좌표로의 변환	36
<그림 2-2> 단계별 유추적 문제해결 대응과정	40
<그림 2-3> 가추법, 연역법, 귀납법 비교	44
<그림 2-4> 유추적 사고와 가추적 추론 방법과의 관계 ..	45
<그림 2-5> 빛의 굴절 현상에 대한 유추적 사고 적용	58
<그림 3-1> 연구 설계 절차	63
<그림 3-2> 유추적 에너지문제 해결 활동지 A면	68
<그림 3-3> 유추적 에너지문제 해결 활동지 B면	69
<그림 4-1> 유추적 에너지문제 해결 교육 프로그램 진행 장면	73
<그림 4-2> 연구참여자들의 표적문제 해결에 대한 사전 이해도 평가 결과(수송에너지 분야)	74
<그림 4-3> 연구참여자들의 표적문제 해결에 대한 사전 이해도 평가 결과(난방에너지 분야)	75
<그림 4-4> 연구참여자들의 표적문제 해결에 대한 사전 이해도 평가 결과(냉방에너지 분야)	75
<그림 4-5> 유사성 찾기 단계의 표적문제 및 바탕문제 구조화	88
<그림 4-6> 축 코딩에 따른 일반 패러다임 모형	97
<그림 4-7> 사람들과 새들의 에너지문제 사이의 유사성에 대한 일대일 대응	100
<그림 4-8> 유사성을 바탕으로 표적문제의 해결책 도출	

.....	105
<그림 4-9> 유추적 사고를 통한 에너지문제 해결과정의 패러다임 모형	109
<그림 4-10> 유추적 에너지문제 해결책 도출을 위한 수렴 -발산 과정	113
<그림 4-11> 유추적 에너지문제 해결책 도출을 위한 반복 순환 과정	115
<그림 4-12> 유추적 에너지문제 해결과정 도식	116

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 배경과 목적

1. 연구 배경

에너지교육의 목적은 학습자로 하여금 우리가 살고 있는 세상의 에너지 특성과 역할을 이해하고, 이를 통하여 에너지를 둘러싼 문제들에 대한 해결책을 찾을 수 있는 능력을 배양하는 것이다(US Department of Energy, 2014; Kandpal & Garg, 1999; Fowler, 1981; 이한분, 2006). 다시 말하면 에너지교육이란, 단순히 에너지에 대한 지식이나 기술만을 습득하는 것이 아니라, 기후변화¹⁾나 미세먼지, 방사성 폐기물 등과 같이 오늘날 과다한 에너지 소비를 둘러싼 다양한 문제들을 해결하는 데 그 목적이 있다(김미란 등, 2015). 따라서 오늘날과 같이 에너지의 사용이 우리 생활에 미치는 영향이 매우 큰 시대에서는 학교의 에너지교육도 학습자들에게 알려진 지식에 대한 답 그 자체를 전달하기보다는 에너지문제 해결을 위한 인식, 기능, 태도, 참여와 같은 실제적인 활동을 배울 수 있는 기회를 제공해야 할 것이다(최돈형 등, 1994).

이러한 에너지교육은 에너지 자원의 이용이 무한하지 않다는 인식이 커져가고 에너지의 과다 이용으로 인한 환경오염이 심각해짐에 따라 그 필요성이 대두되었다(DeWaters, 2011; DeWaters & Powers, 2011; Lee et al., 2015; Newborough et al., 1991; Perkins et al., 2014, Dias et al., 2004). 대표적으로 1973년 이후 전 세계의 경제에 충격을 주었던 1, 2차 석유파동은 중동 전쟁과 이란 혁명이라는 정치적인 이유로 시작되었지만

1) 전 지구적인 기후변화는 오늘날 에너지의 과다 이용으로 발생하는 대표적인 에너지문제라고 할 수 있다(이장규와 홍성욱, 2012; 송신철과 심규철, 2010).

석유 자원을 무한히 이용할 수 없다는 중요한 교훈을 남겼다. 그리고 1986년 일어난 구소련의 체르노빌 원전사고와 1989년 엑손 발데즈호의 원유 유출 사고는 대규모 에너지 이용으로 인한 막대한 손실과 인명피해를 초래하였다. 이러한 에너지 이용과 관련된 대형 사고는 21세기 들어와도 계속되었는데 2010년에는 BP의 멕시코만 원유 유출 사고가 있었고 2011년 일본 후쿠시마에서는 쓰나미로 인하여 원전이 폭발하고 인근에 다량의 방사능이 누출되는 재난이 발생하였다. 한편, 1990년 IPCC에서 발간한 1차 보고서에서는 현재 지구의 평균기온이 이전 세기에 비해 0.5℃ 상승하였고 다음 세기에는 10년 마다 0.3℃ 상승하며, 해수면은 10년 마다 6cm 상승할 것이라는 예측을 전 세계에 발표하였다. 실제로 2005년에는 초대형 허리케인 카트리나가 미국의 뉴올리언스에 상륙하여 수많은 재산과 인명피해를 낳았는데 그러한 주된 요인으로 지구온난화에 의한 해수면 상승이 꼽히고 있다(<표 1-1> 참조)(Cunningham, 2014; Visser, 2009). 이처럼 에너지교육은 전 지구적으로 에너지 관련하여 심각한 사건들의 발생이 증가하면서 그 중요성이 더욱 부각되었다고 할 수 있다.

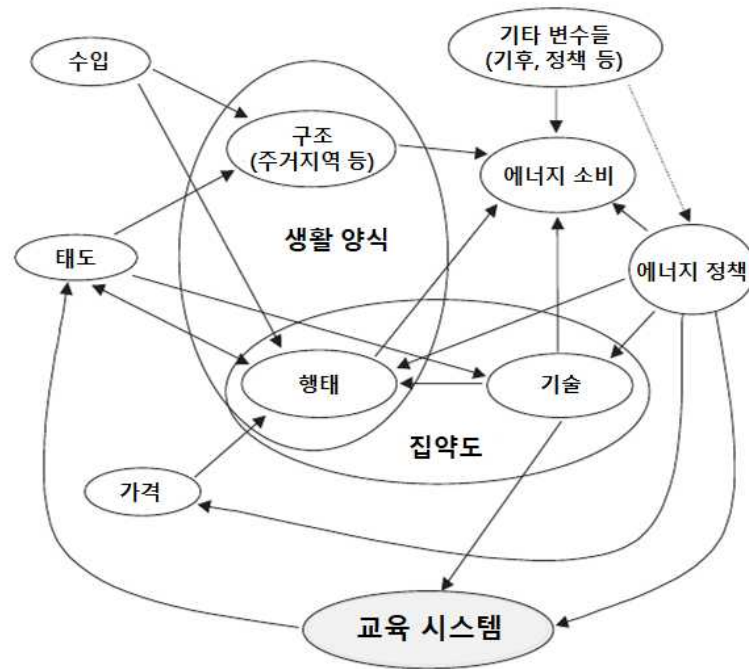
<표 1-1> 에너지 관련 주요 사고

구분	내용
원전 폭발	<ul style="list-style-type: none"> - 후쿠시마 원전 사고(2011) : 3개 반응로의 노심 용해, 원전48기 가동중지, 해양 방사능 오염 - 체르노빌 원전 사고(1986) : 동유럽 낙진 피해, 4,000건 이상의 갑상선암 아동 피해자 발생
기후 변화	<ul style="list-style-type: none"> - 허리케인 카트리나(2005) : 1,833명 사망, 113개소 석유 플랫폼 피해, 741,000갤런 원유 유출
원유 유출	<ul style="list-style-type: none"> - BP 멕시코만 원유 유출(2010) : 수백만 갤런의 원유 유출, 425억 달러 규모의 비용손실 - 엑손 발데즈호 원유 유출(1989) : 알래스카 연안에 11,000,000 갤런의 원유 유출

수력댐 붕괴	- 반차오 댐 붕괴(1975) : 부실 시공과 태풍의 영향으로 수력댐이 붕괴되어 26,000명 사망, 기근과 유행병으로 145,000명 추가 사망
--------	---

이와 같은 에너지교육은 과거 전통적인 과학기술교육에 포함되어 있었으나 앞서 서술한 것처럼 에너지문제가 점점 심각해지고 복잡해짐에 따라 간학문적 접근방식을 통하여 그 범위가 더욱 확대되었다(Perkins et al., 2014, Dias et al., 2004)). 특히, 에너지교육은 어느 한 가지 학문에 제한되지 않는 종합적인(holistic) 접근방식을 취하여 물리학, 공학, 경제학 등의 여러 가지 다른 학문들이 에너지교육을 구성하는 필수적인 학문이 되었다²⁾. 따라서 에너지교육은 에너지의 기술적 특성뿐만 아니라 사람들의 태도, 행태 나아가 정부의 정책이나 경제 구조에 이르기까지 다양한 범위를 포괄하는 간학문적인 교과목으로 발전하였다(<그림 1-1> 참조).

2) 한 가지 학문에만 치중하는 것은 그에 따른 문제점을 낳게 되는데, 예를 들면 경제학적인 접근은 그 특성상 비용과 편익을 중심으로 다루게 되지만 자칫하면 사회 정의나 소득 배분의 문제를 간과하는 오류를 범하기도 한다(Perkins et al., 2014).



(출처 : Dias et al., 2004))

<그림 1-1> 에너지교육 시스템 개념도

대표적인 사례로 UNESCO와 UNEP은 국제 환경교육 프로그램의 일환으로 점점 심각해지는 에너지문제들을 해결해야 하는 필요성을 인식하고 이를 위하여 실제로 활용할 수 있도록 에너지교육의 범위와 세부 내용을 정리한 에너지교육 교재를 발간하였다(Deleage, 1986)(<표 1-2> 참조). 이 교재는 환경교육에 대한 간학문적 접근의 일환으로 출발하였지만 에너지문제 해결을 위한 에너지교육의 필요성과 함께 에너지교육에 포함되어야 할 상세 교육 내용을 담고 있어 독자적인 에너지교육의 방향을 담고 있다는 데 큰 의미가 있다. 이 교재의 첫 부분에서는 에너지에 대한 기본 개념과 재생에너지와 화석연료를 포함한 다양한 에너지 형태들을 소개하고 있고, 이어서 에너지이용의 역사와 실제로 우리가 이용하는 에너지원과 자원들에 대한 지식을 전달하고 있다. 다음으로 전기와 열에너지에 대한 생산 방법과 가정, 농업, 산업, 수송 등 각 부문별 소비

패턴 등을 소개하고, 마지막으로 에너지문제의 해결을 위한 방안으로 재생에너지와 같은 새로운 형태의 에너지를 이용하는 것과 에너지 생산과 소비 시스템의 전환을 통하여 에너지 낭비를 줄이는 방안을 강조하고 있다. UNESCO와 UNEP은 이러한 교육과정을 통하여 학습자들이 에너지에 대한 지식과 이해를 넓히고 에너지를 이용하고 절약할 수 있는 기술과 태도를 지닐 수 있도록 함으로써 궁극적인 에너지교육의 목적을 실현하고자 하였다(Deleage, 1986).

<표 1-2> 에너지교육의 범위와 내용

범위	세부내용
에너지: 정의 및 형태	<ul style="list-style-type: none"> - 에너지에 대한 사전적 및 실제적 정의 - 다양한 에너지 유형
에너지와 동력의 단위: 효율의 개념	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 에너지 단위 : 일, 열, 전기 - 에너지 변환의 법칙 - 효율의 개념
에너지 이용의 역사	<ul style="list-style-type: none"> - 생물학적 에너지의 시대 - 자연에너지를 이용한 기계들의 등장 - 화석연료의 시대 - 현대 에너지기술의 발달
에너지 사슬 및 에너지의 운송	<ul style="list-style-type: none"> - 에너지 변환 - 에너지 전달 : 복사, 대류, 전도 - 에너지 운송
에너지원 및 자원	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 에너지원 : 태양, 풍력, 수력, 바이오매스, 석탄, 석유, 가스, 지열, 핵, 조력
에너지 생산	<ul style="list-style-type: none"> - 기계적 에너지 생산 : 기력, 내연 - 전기에너지 생산 : 화력, 핵, 풍력, 지열 - 난방, 냉방 에너지 생산
에너지 소비	<ul style="list-style-type: none"> - 가정, 농업, 산업, 수송에서의 에너지 소비

UNESCO와 UNEP의 교재에서 제시한 에너지교육의 범위와 내용과 유사하게 현재 우리나라 교육부의 교육과정에서 다루는 에너지교육의 범위도 크게 에너지 개념에 대한 교육과 에너지문제에 대한 교육으로 나눌 수 있다(전영석, 2014; 신영준, 2017). 여기에서 에너지 개념에 대한 교육은 에너지의 형태, 전환, 보존, 발산 등 과학적 개념에 대한 교육을 의미한다. 에너지문제에 대한 교육은 기후변화와 미세먼지와 같은 지나친 에너지 사용으로 인한 환경문제들과 이에 대한 해결방법에 대한 교육을 의미한다. 학교 교육과정을 보면 전통적인 과학 교과에서는 주로 전자와 같은 에너지의 과학적 개념을 주로 다루었으나 에너지문제가 점점 심화되면서 과학 교과뿐만 아니라 사회나 도덕과 같은 비과학 교과에서도 우리의 생활과 자연 환경과 관련된 에너지문제들을 다루고 있다.

이 연구에서는 이러한 에너지교육의 두 가지 측면 중 그 중요성이 점점 커져가고 있는 에너지문제에 대한 교육에 초점을 맞추어 연구를 진행하고자 한다. 여기에서 에너지문제에 대한 교육은 단순히 그러한 문제를 인식하는 것뿐만 아니라 문제해결을 위한 방법들에 대한 다양한 교육을 포함한다. 특히 에너지의 지나친 이용으로 인하여 발생하는 환경 문제들을 해결하기 위해서는 실질적으로 환경과파괴적인 과학기술을 대체할 수 있는 친환경 에너지 기술³⁾을 개발하여야 하므로 이에 대한 교육이 무엇

3) 실례로 오늘날 많은 관심을 받고 있는 친환경 에너지 기술로서 적정기술이 논의되고 있다. 여기에서 적정기술이란, 우리가 살고 있는 사회·경제·환경적 조건에 알맞은 기술이라고 할 수 있다. 적정기술은 과거 제3세계의 빈곤문제를 해결하기 위한 중간기술(Intermediate Technology) 운동에서 출발하여 점차 단순히 빈곤 문제를 해결하는 작은 기술이 아니라, 에너지절약, 친환경, 지역자원 활용 등 오늘날 과학기술이 안고 있는 문제를 해결할 수 있는 대안기술로서 적

보다 중요하다. 이에 영국의 저명한 경제학자 Schumacher(1973)도 오늘날 과학기술의 무분별한 이용에 따른 문제들을 해결하기 위해서는 학습자들의 지혜를 기를 수 있는 교육이 절실하다고 강조하였다:

오늘날 전 인류는 의심할 여지없이 치명적인 위험에 처해 있다. 이는 우리가 과학기술에 대한 노하우가 부족해서가 아니라, 우리가 그러한 과학기술을 지혜 없이 파괴적으로 사용하고 있기 때문이다. 교육을 통해 더 많은 지혜를 생기게 할 때만이 그러한 교육이 우리를 도울 수 있을 것이다.

(출처 : Schumacher, 1973, 86쪽)

하지만, 이러한 친환경 에너지 기술의 개발은 에너지 이용을 둘러싼 여러 가지 사회적이고 경제적인 요인뿐만 아니라, 다양하고 복잡한 에너지와 환경적 요인들과 연결되어 있기 때문에 실제적인 문제 해결책을 찾는 데 많은 어려움을 겪고 있는 것이 사실이다. 예를 들면, 하나의 문제를 해결하려 하려고 개발한 기술이 오히려 다른 여러 문제들을 새롭게 일으키기도 하고 단편적인 예측을 기반으로 개발된 기술은 미처 검증되기도 전에 또 다른 상황의 변화가 일어나 새로운 예측을 필요로 하기도 한다⁴⁾

용 범위가 확대되어 왔다. 앞으로 친환경적이고 인간적인 기술의 가치를 재정립하게 된다면, 적정기술은 21세기 지속가능한 순환형 사회를 위한 기술로서 많은 주목을 받게 될 것이다(Wicklein, 2005; 김정태 등, 2012; 한승호, 김남수, 문지현, 2017).

4) 오늘날의 과학 문명은 어느 분과학의 단편적 변화예측에 대한 확실성 검증이 미처 끝나기도 전에 이미 사실관계를 포함한 전체의 변화가 일어나고 있다(서울대 사회정의연구실천모임, 2005). 또한 과학적 발견들을 체계적으로 정리하고 실천적 함의를 충분히 성찰해 보기도 전에 이미 그러한 발견에 기반한 여러 기술들이 상품화되고 있다. 과학기술이 제대로 된 검증을 거치지 않은 상태에서 무분별하게 이용되는 경향을 보이고 있는 것이다. 이러한 부작용은 그동안 사람들이 과학기술은 예측가능하고 유용하므로 신뢰할 수 있다는 믿음에 대하여 비판적 검토가 필요함을 제기하고 있다(홍병선, 2010). 이러한 맥락에서 환경파괴적인 에너지 기술을 대체할 수 있는 대안 기술을 찾는 일은 더욱 시급한 과제가 되고 있다.

(Schumacher, 1973; 서울대 사회정의연구실천모임, 2005). 마치 정육면체 큐브를 가지고 한 면의 색을 맞추면 그 과정에서 오히려 다른 면들의 색들이 더 많이 흐트러져서 점점 더 어려움에 처해지는 현상과 유사하다고 할 수 있다. 이런 까닭에 교육 현장에서 에너지문제 해결을 논의한다는 것은 학습자뿐만 아니라, 교수자에게도 커다란 난제가 되고 있으므로 이에 대한 다양한 교육적 접근이 필요하다.

하지만 이처럼 에너지문제 해결에 대한 다양한 교육의 필요성이 더욱 커져감에도 불구하고 오늘날의 학교 교육은 아직 이러한 에너지교육의 목적을 충분히 만족하지 못하고 있다는 지적이 있다. 예를 들어 우리나라의 2009 개정 초등학교 교과과정을 보면 에너지에 대한 과학적 지식과 에너지 절약에 대한 실천적 지식 간의 연계가 충분하지 않아 학생들이 에너지가 무엇이며, 에너지에 대해 알고, 절약하고, 실천하는 것이 우리 생활에 어떤 의미를 갖는지 통합적으로 이해하는 데 어려움이 있다(전영석, 2014). 또한 현재의 교과과정에서는 학생들로 하여금 자신의 생활 속에서 다양하고 복잡하게 나타나는 에너지문제에 대하여 실용적이고 창의적인 문제해결 방법을 찾도록 이끄는 데에도 한계가 있다. 그리고 에너지교육을 위한 학습 방법에 있어서도 교과 내용이 토의와 조사 등에 머무르고 있어 좀 더 다양하고 실제적인 에너지교육 방법이 요구되고 있다. 따라서 앞서 언급한 바와 같이 전 세계적 에너지 위기라는 시대의 흐름에 맞추어 생활 속에서의 에너지문제를 체계적으로 접근하고 이에 대한 창의적 해결책을 찾도록 도울 수 있는 새로운 에너지교육에 대한 접근이 필요하다.

이러한 어려움을 극복하고자 이 연구에서는 학습자들의 에너지문제 해결 능력을 향상시킬 수 있는 효과적인 에너지교육 방법의 하나로써 유추⁵⁾적 문제해결 방법을 선정하였다. 이러한 유추적 사고는 과거의 경험을 가

5) 유추란 풀어쓰면 비유적 추론이라고 할 수 있으며 영어 단어인 analogy에 해당된다. 하지만 analogy는 많은 문헌에서 비유 또는 유비로 번역되고 있기도 하다. 이들 단어 모두 잘 알려진 친숙한 것과의 유사성으로부터 새롭게 접하는 개념들을 이해하는 사고 과정을 의미한다. 이 연구에서는 일관성을 높이기 위하여 ‘유추’라는 단어로 통일하여 사용하도록 한다.

지고 이전에 없었던 새롭고 복잡한 삶의 문제들에 대처할 수 있는 방법의 하나로 평가 받고 있다. 또한, 유추적 사고는 고대로부터 많은 성인(聖人)들이 지혜의 도구로 사용해 왔으며, 근대에 들어와서는 많은 과학자들의 창의적 사고의 바탕이 되어 왔으므로 오늘날 학교에서도 학습자들의 지혜를 기르는 교육의 주요 수단이 될 수 있다(Gavetti et al., 2005; Craft et al., 2008; Marshall & Thorburn, 2014). 따라서 이 연구에서는 학습자들이 유추적 사고를 통하여 창의적이고 실제적인 에너지문제에 대한 해결책을 찾을 수 있는 방안을 살펴봄으로써 에너지문제에 대한 교육을 효과적으로 수행하는 데 기여하고자 한다.

2. 연구 목적

앞 절에서 설명한 바와 같이 에너지교육에서는 과학적 개념에 대한 이해뿐만 아니라 학습자들로 하여금 에너지의 효율적 이용과 같은 현재 당면한 에너지문제들을 해결하기 위한 방법들을 익히고 실천하도록 하는 것이 중요한 교육 목적 중의 하나라고 말할 수 있다. 이 연구에서는 이러한 에너지문제에 대한 교육을 효과적으로 수행하기 위한 방법으로 유추적 사고를 도입하여 학습자들이 유추적 사고를 통하여 창의적이고 실제적인 에너지문제에 대한 해결책을 찾을 수 있는 방안을 살펴보고자 한다.

이를 위한 구체적인 이 연구의 목적은 다음과 같다. 첫째, 학습자들이 스스로 유추적 사고를 통하여 에너지문제 해결 방법을 학습하는 과정(이하 ‘유추적 에너지문제 해결 과정’이라고 함)을 고찰하는 것이다. 특별히, 이 연구에서는 학습자들로 하여금 생물들의 효율적인 에너지 이용방법으로부터 우리가 당면한 에너지문제를 해결할 수 있는 친환경 에너지 기술 아이디어를 유추하는 과정을 구체적으로 살펴보고자 하였다. 둘째, 이러한 유추적 에너지문제 해결 과정의 고찰을 통하여 학습자들이 창의적이고 실용적인 에너지문제 해결책을 찾을 수 있는 에너지교육 방법을 모색하는 것이다. 이를 통하여 실제 교과 과정에서 유추적 사고를 통한 에너지문제에 대한 해결책을 도출하는 학습과정의 활용가능성을 더욱 높이하고자 하였다.

또한, 이러한 연구 목적에 따라 이 연구에서 설정한 주요 연구 문제는 다음과 같다. 첫째, 학습자들의 유추적 에너지문제 해결 과정은 어떠한 단계를 거쳐 진행되는가이다. 둘째, 어떠한 요인들이 학습자들의 유추적 에너지문제 해결 과정에 영향을 미치는가이다. 마지막으로 학습자들의 유추적 에너지문제 해결 과정을 향상시키기 위한 방법은 무엇인가이다.

제 2 절 연구 방법과 절차

1. 연구 방법

이 연구에서는 학습자들이 생물들의 에너지 효율적 이용으로부터 사람들의 에너지문제에 대한 해결방안을 유추해내는 과정을 분석하고자 한다. 이러한 분석을 통하여 유추적 에너지문제 해결 과정을 이론화하고 이에 대한 활용가능성을 검토하여 에너지교육을 더욱 효과적으로 수행할 수 있는 방안을 모색하고자 한다. 이를 위하여 이 연구에서는 먼저, 기존에 교과과정에 유추적 사고를 도입한 사례, 생물로부터 다양한 기술을 모방한 사례, 유추적 사고를 통한 문제해결 과정을 연구한 사례 등을 검토하고, 그 다음으로 학습자들이 유추적 사고를 통하여 생물로부터 에너지문제를 해결할 수 있는 방법을 찾아가는 과정을 이론화하기 위하여 대표적 질적 연구방법⁶⁾의 하나인 근거이론방법(Grounded Theory Method)을 적용하고자 한다.

근거이론방법은 질적 연구방법 중 연구자가 특정한 이론적 틀을 가지고 관심이 있는 현상이나 과정에 대하여 실질적 이론을 개발하고자 하는 경우에 적합한 연구방법이다(Strauss & Corbin, 1998; 홍우영, 2018). 근거이론방법은 특정 사례에 대하여 20명에서 30명의 소규모 집단에서 수집된 데이터를 기반으로 이론을 생성하는 귀납적 접근방법을 취한다는 면에서 기존의 논리 연역적 가설을 바탕으로 통계적으로 이론을 검증하는 양적연구방법과는 구별된다. 또한 근거이론방법은 현장에서 수집된 데이터들 간의 유사점과 차이점을 비교분석하여 추상화된 범주들을 생성한다는 점에서 다른 질적 연구방법과도 구별된다(Creswell, 2007).

이러한 근거이론방법은 과거 사회학에서 현실과 괴리된 이론의 검증에만 치중함으로써 이론의 현실 적용성이 현저히 떨어지는 점을 극복하

6) 질적 연구방법은 엄격한 실험조건에서 통계적으로 유의미한 결과를 도출할 수 있는 자연 현상과는 다르게 다양한 사람들의 주관적 의식과 행동에 의해 영향을 받는 사회, 문화 현상을 연구하는데 유용한 방법이다(Creswell, 2007).

기 위하여 Glaser와 Strauss에 의해 처음 제안되었는데, 현장에서 수집된 자료들을 바탕으로 정교화된 이론을 만드는 연구방법으로 다양하고 실제적인 이론을 생성해낼 수 있다는 장점을 갖고 있다. 이후 근거이론 방법은 더욱 다양하게 발전하였는데, Glaser는 중립적이고 객관적인 관점에 기초하여 엄격한 코딩⁷⁾ 절차를 거쳐 추상적이고 일반화된 개념들을 도출하는 것을 추구한 반면에 Strauss는 사전에 코딩을 위한 분석틀을 만들고 이를 수집된 자료에 적용하여 Glaser와 다른 실용적인 접근법을 취하였다. 한편, Charmaz는 이러한 Glaser와 Strauss의 접근법을 구성주의적 관점에서 비판하고 유연적인 분석절차와 연구자와 참여자 간의 상호작용을 통한 근거이론의 개발을 주장하였다(Glaser & Strauss, 1967; Strauss & Corbin, 1998; Charmaz, 2014; 최종혁, 2011; Matteucci & Gnoth, 2017).

<표 1-3> 근거이론방법의 유형별 특징 비교

구분	객관주의적 근거이론	후기 실증주의적 근거이론	구성주의적 근거이론
존재론	실재론	실재론	실재론
인식론	실증주의적 경험주의/ 객관주의	실용주의	상대주의

7) 코딩(Coding)이란 자료를 분석하고 개념화시켜 새로운 방식으로 재조합하는 과정이다. 다시 말하면, 코딩은 가공되지 않은 원 자료를 그 특성에 따라 범주화하고 제목을 부여하는 과정으로서 자료로부터 이론이 정립되는 근거이론의 핵심과정이라고 할 수 있다(김도훈 등, 2013).

구분	객관주의적 근거이론	후기 실증주의적 근거이론	구성주의적 근거이론
방법론적 특징	<ul style="list-style-type: none"> -연구자는 중립적 관찰자 -가치중립적 질문 -창발성 -데이터가 스스로 이야기를 함 -‘왜’의 질문에 답함 -추상적, 일반화된 개념들을 발견하는 것을 목적으로 함 -엄격한 코딩절차 -연구사례의 개수가 데이터를 객관적이게 함 -데이터 분석 후 문헌 검토 시행 	<ul style="list-style-type: none"> -연구자는 반성적 입장 -가치부여적 질문 -기존 수립된 분석 틀을 데이터에 적용 -중범위이론을 발견하는 것을 목적으로 함 -연구 발견사항에서 나타나는 변이를 명확히 함 -데이터 분석 전, 후, 중간에 문헌검토 시행 	<ul style="list-style-type: none"> -연구자는 반성적 입장 -가치부여적 질문 -상호작용으로부터의 창발성 -중범위이론을 구성하는 것을 목적으로 함 -일반화는 부수적, 조건적임 -‘무엇’, ‘어떻게’의 질문에 답함 -연구 발견사항에서 나타나는 변이를 명확히 함 -유연적 분석절차 -데이터 분석 전, 후, 중간에 문헌검토 시행 -이야기구술 선호
주요 연구자	Glaser	Strauss, Corbin	Charmaz

(출처 : Matteucci & Gnoth, 2017, 재구성)

특별히 이러한 근거이론방법은 어떤 현상이 일어나는 과정을 이론화하는 데 유용하다고 알려져 있다. 근거이론방법을 채택한 연구자들은 교육 프로그램 개발과 같이 시간에 따라 단계적으로 일어나는 과정에 초점을 맞추어 그러한 과정을 충분히 설명할 수 있는 이론을 개발하게 된다.

이 때, 연구자들은 현장에서 다양하게 수집된 데이터를 비교 분석하여 여러 가지 범주들을 만들고 이러한 범주들을 서로 연결시켜 핵심 범주에 해당하는 새로운 이론을 만들어낸다(Creswell, 2007). 이러한 근거이론방법의 특성을 볼 때, 이 연구는 학습자들이 유추적 사고를 통하여 생물로부터 에너지문제를 해결할 수 있는 방법을 찾아가는 과정을 이론화하는 것을 목적으로 하고 있으므로 위의 근거이론방법을 적용하는 것이 타당할 것이다. 따라서 이 연구에서는 이러한 근거이론방법을 이용하여 학습자들의 유추적 에너지문제 해결 과정에 대한 자료를 비교 분석하고 이를 통하여 학습자들의 유추적 에너지문제 해결 과정을 이론화하고자 한다.

이 연구에서는 앞서 언급한 세 가지 유형의 근거이론방법 중에서 Strauss와 Corbin(1998)의 근거이론방법을 적용하여 유추적 사고를 통하여 에너지문제를 해결하는 과정을 살펴보기 위하여 학습자들의 유추적 에너지문제 해결 과정을 도식화하고 그 활용가능성을 고찰하고자 한다. Strauss와 Corbin(1998)의 근거이론방법은 크게 3단계로 구분된다(<표 3-4> 참조).

<표 1-4> 근거이론방법의 코딩과정 요약

구 분	내 용
개방코딩	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 가공되지 않은 원 자료를 그 특성에 따라 범주화하고 제목을 부여하는 과정 ◆ 이를 통하여 데이터에 담겨져 있는 내용들이 외부로 드러나고 다음 단계의 분석이 가능

구 분	내 용
축 코딩	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 개방 코딩 단계에서 생성된 범주들을 바탕으로 패러다임을 개발 ◆ 패러다임은 중심 현상을 축으로 하여 이에 영향을 주는 여러 조건들과 이러한 현상에 대응하는 활동인 전략적 작용/상호작용, 마지막으로 이러한 활동에 따른 결과로 구성됨 ◆ 중심 현상에 영향을 주는 조건들에는 인과 조건, 중재 조건, 맥락 조건 등이 있음
선택 코딩	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 중심 현상, 인과 조건, 중재 조건, 맥락 조건, 전략적 작용/상호작용, 결과 등의 각 범주들 사이의 인과관계를 정립하여 한 편의 이야기윤곽을 형성

그 첫 번째 단계는 개방 코딩(Open Coding) 단계이다. 여기에서 개방 코딩이란 수집된 자료를 바탕으로 주요 개념과 범주를 도출하는 작업을 말한다. Strauss와 Corbin(1998)은 이러한 개방 코딩을 통하여 데이터에 담겨져 있는 내용들이 외부로 드러나고 이를 통하여 이후 단계의 분석이 가능하다고 보았다. 이 연구의 개방 코딩에서는 유추적 에너지문제 해결 과정에 참여하는 학습자들에 대한 인터뷰와 활동지 기록 등으로부터 수집된 자료를 분석하여 그 특성별로 주요 범주들을 만들고 그에 해당하는 이름을 붙이는 작업을 하게 된다. 따라서 이 연구의 개방 코딩에서 이용되는 주요 자료 형태는 교육 내용, 메모, 활동지 기록이 될 수 있다.

이어서 두 번째 단계는 축 코딩(Axial Coding) 단계이다. 이 단계에서는 개방 코딩 단계에서 생성된 범주들을 바탕으로 패러다임을 개발하게 된다. 축 코딩에서는 먼저 개방 코딩에서 만들어진 각 범주들을 고려하여 관심의 대상이 되는 하나의 현상(Phenomenon)을 정한다. 이어서 이러한 현상에 영향을 주는 사건이나 상황에 해당하는 인과 조건(Casual Conditions)과 이러한 인과 조건을 완화시키거나 변형시키는 중재 조건

(Intervening Condition), 특정 시점과 공간에서 현상과 관련된 상황이나 문제들에 영향을 미치는 특수 조건에 해당하는 맥락 조건(Contextual Condition)을 파악한다. 여기에서 Strauss와 Corbin(1998)은 아래와 같이 축 코딩을 시행할 때 이러한 세 가지 조건에 대하여 명확하게 구분하기 보다는 오히려 하나의 현상에 영향을 미치는 여러 조건들의 복잡한 상호작용에 더 초점을 맞출 것을 제안하고 있다:

어떠한 조건이 인과, 중재 또는 맥락 조건에 해당하는지 파악하고 정리하는 것이 중요한 이슈는 아니다. 오히려 분석자가 초점을 두어야 하는 것은 사람들이 어떤 문제나, 이슈, 또는 사건들에 대하여 작용 또는 상호작용을 통하여 해결책을 도출하려고 할 때, 이들을 일으키는 여러 조건들이 서로 복잡하게 얽혀있다는 점이다.

(출처 : Strauss & Corbin, 1998, 132쪽)

다음으로 현상에 대하여 취해지는 행동인 전략적 작용/상호작용(Strategic Action/Interaction)을 정하고 마지막으로 이러한 전략적 작용/상호작용의 최종적인 산물인 결과(Consequences)를 도출함으로써 하나의 현상에 대한 주요 인과관계가 마무리된다(Creswell, 2007)(<표 1-5> 참조).

<표 1-5> 축 코딩에 따른 패러다임 모형의 구성요소

구 분	내 용
현상 (Phenomenon)	근거이론에서 해당 이론의 주제라고 할 수 있으며 관심의 대상이 되는 상황, 문제, 이슈 등을 지칭함
인과 조건 (Causal conditions)	현상에 영향을 주는 다양한 요인들로서 사건이나 변수가 될 수 있으며 그와 관련된 특성들을 포함

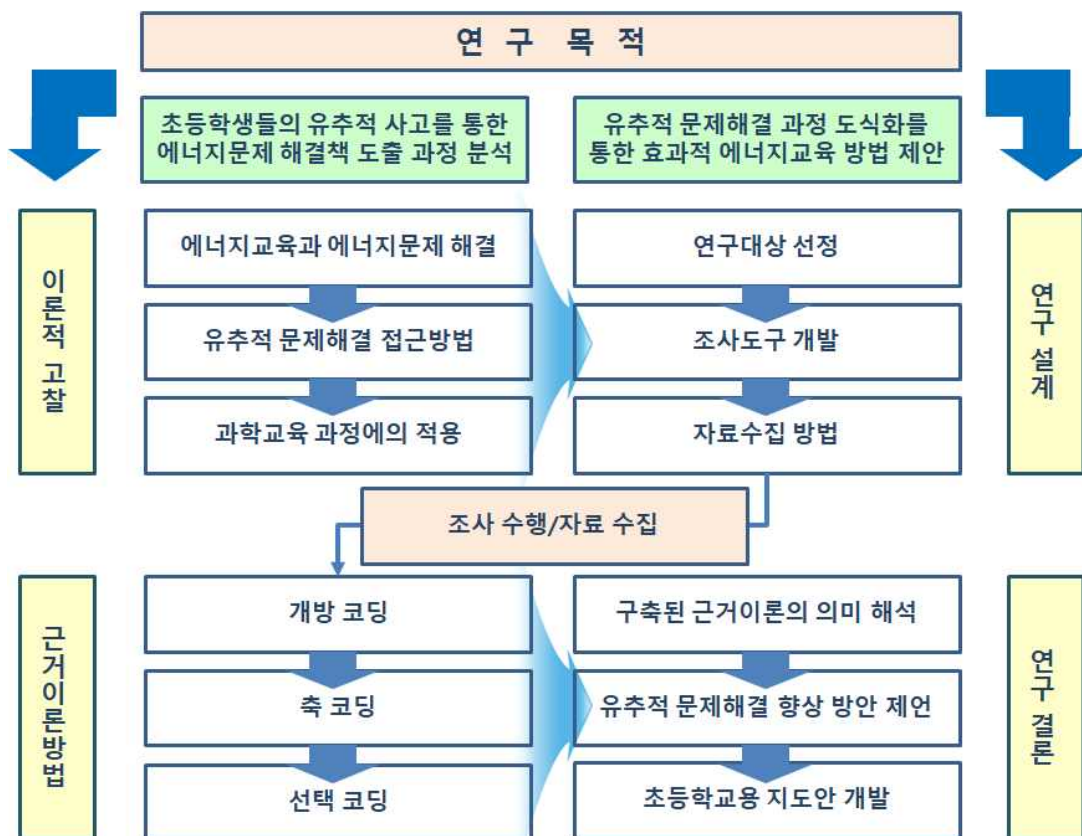
구 분	내 용
중재 조건 (Intervening Conditions)	현상에 영향을 미치는 인과 조건들을 완화시키거나 변형시키는 조건들
맥락 조건 (Contextual conditions)	특정 시점과 공간에 전략적 작용/상호작용이 대응하 거나 해결하고자 하는 상황이나 문제들에 영향을 미 치는 특수한 조건들
전략적 작용/상호작용 (Strategic Action/Interaction)	현상과 관련된 상황이나 문제들에 대하여 취해지는 계획적이고 의도적인 행동
결과 (Consequences)	전략적 작용/상호작용을 통하여 얻어지는 결과들

(출처 : Strauss & Corbin, 1998, 재구성)

마지막 세 번째 단계는 선택 코딩(Selective Coding) 단계이다. 이 단계에서는 핵심 범주(Core Category)를 선택하여 다른 범주들과 관련짓고, 이들 간의 연관성을 파악하여 각 범주들을 연결시키고 하나의 이론으로 통합시킨다. 이 때, 개방 코딩과 축 코딩에서 생성된 범주들을 통합하는 하나의 이야기 윤곽(Storyline)을 만들어 하나의 이론을 구축한다. 이렇게 만들어진 이론은 기존에 수집된 원 자료를 비교하여 이 연구를 통하여 만들어진 이론이 연구의 목적에 부합하고 연구 참여자들에게 타당한지, 사건 및 현상에 대한 기술이 정확한지에 대하여 확인하게 된다.

2. 연구 절차

앞 절에서 언급한 연구 목적과 연구 방법에 따른 이 연구의 수행 절차를 정리하면 아래 그림과 같다. 즉, 연구 목적 달성을 위하여 문헌 연구 및 연구 설계를 수행하고 이에 따른 조사 수행, 자료 수집, 근거이론 방법 적용을 통하여 연구 결론을 도출하고자 한다.



<그림 1-2> 연구 절차 흐름도

제 2 장 이론적 고찰

제 1 절 에너지교육과 에너지문제 해결 학습

1. 에너지교육의 목표와 내용

이 연구에서는 앞서 언급한 바와 같이 에너지교육의 두 가지 범위 중에서 에너지문제에 대한 교육에 초점을 두고자 한다. 이러한 에너지문제에 대한 교육의 목표는 일반적으로 인식, 지식, 태도, 기능, 참여 등 다섯 가지 측면으로 나누어 살펴볼 수 있다(최돈형 등, 1994). 그 첫 번째인 인식적 측면에서의 에너지교육의 목표는 에너지문제 해결을 위하여 에너지 생산과 이용에 관련된 윤리적, 사회적 책임 등에 대한 인식과 감수성을 기르는 것이다. 두 번째 지식 측면에서의 에너지교육 목표는 에너지 생산과 이용으로 인한 영향 등의 지식을 얻도록 하는 것이다. 세 번째 태도적 측면에서의 에너지교육 목표는 에너지문제에 대한 관심을 갖고 에너지 이용에 대한 감사의 태도를 갖게 하는 것이다. 네 번째 기능적 측면에서의 에너지교육 목표는 에너지문제의 원인을 분석하고 이를 해결할 수 있는 방법을 찾도록 하는 것이다. 마지막으로 다섯 번째 참여적 측면에서의 에너지교육의 목표는 에너지문제 해결을 위한 책임감을 갖고 그에 따른 실천과정에 참여하도록 하는 것이다.

<표 2-1> 에너지문제에 대한 교육 목표와 내용

교육목표	내 용	비 고
인식	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 우리 주위의 에너지 ◆ 에너지와 인간 생활과의 관계 ◆ 에너지의 생산과 이용에 관련된 윤리적, 사회적 책임 ◆ 인간의 삶과 에너지 소비 절약의 의미 	학습자의 감수성 함양 포함
지식	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 에너지의 종류와 특성 및 분포 ◆ 에너지가 인간의 생활에 미치는 영향 ◆ 에너지의 생산과 이용에 관련된 현실적 문제들 ◆ 에너지 절약에 필요한 기본적 지식 	에너지문제에 대한 이해 학습
태도	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 인간의 편리와 안락함에 에너지의 사용이 주는 효과에 대한 감사 ◆ 에너지문제에 대한 관심 ◆ 에너지 절약을 위해 국가 수준과 국제적 수준에서 결정된 내용들에 대한 결정 	에너지 절약의 가치 학습
기능	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 에너지와 에너지문제에 대한 정보 수집 ◆ 에너지문제의 해결에 필요한 정보 해석 ◆ 에너지문제의 해결을 위한 집단적, 개인적 대응 방법의 고안 ◆ 에너지문제에 대한 쟁점의 구성과 의사소통 기능 	에너지문제 해결을 위한 기능 갖추기
참여	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 에너지문제에 대한 아이디어의 표현 ◆ 에너지문제에 대한 개인적 의사결정 또는 의사결정 과정에의 참여 ◆ 에너지문제 해결에의 개입과 실천 	능동적 실천활동에 참여

(출처 : 최돈형 등, 1994)

최돈형 등(1994)은 이러한 에너지문제에 대한 교육이 올바르게 시행되기 위하여 다음과 같은 세 가지 원리에 기반해야 한다고 주장한다. 그

첫 번째의 원리는 통합성의 원리이다. 이는 학습자로 하여금 에너지문제와 그로 인한 사회·경제·정치·환경 문제와 그 해결책에 대한 인식, 태도의 변화, 습관과 지능의 개발, 문제 해결 및 의사 결정에의 참여를 유도하는 목표가 통합적으로 강조되어야 함을 의미한다. 뿐만 아니라 에너지문제가 범지구적 성격을 갖고 있으므로 간학문적(interdisciplinary)인 관점에서 통합적인 내용을 담고 있어야 함을 의미한다. 두 번째는 지속성의 원리이다. 이는 에너지문제가 여러 세대에 걸쳐 해결해나가야 하는 장기적인 문제임을 인식하고 모든 사람이 가정, 학교, 사회를 통해 평생교육의 일환으로 지속적인 에너지교육을 받아야 함을 의미한다. 세 번째는 일상성의 원리이다. 이는 지나친 에너지 이용에 따른 여러 가지 문제들이 개인의 일상생활에서 벌어지는 만큼 에너지교육도 일상적인 생활 주변에서 학습의 소재를 찾고 에너지문제에 대한 체험과 깨달음을 얻을 수 있도록 이루어져야 함을 의미한다.

실례로 천은주와 최돈형(2008)은 바른생활, 슬기로운 생활, 도덕, 사회, 과학, 실과 등 제7차 교육과정 초등학교 교과서에 나와 있는 에너지교육내용을 에너지 개념과 에너지문제의 관점에서 분석하였는데, 그 결과 에너지 개념과 에너지문제에 대한 내용들이 균형 있게 분포되어 있는 반면에 에너지문제 해결방안과 관련해서는 에너지 절약에 대한 교육내용이 신·재생에너지에 대한 교육보다 높은 비중을 차지함을 확인하였다.

<표 2-2> 제7차 교육과정 초등학교 에너지교육 내용

구분	에너지교육 내용	비고
에너지 개념	◆ 에너지에 대한 물리적 정의	
	◆ 에너지의 형태	
	◆ 에너지의 종류 및 속성	
	◆ 에너지 전환 및 보존	

구분	에너지교육 내용	비고
에너지문제	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 에너지원의 필요성 ◆ 에너지원의 국제적 분포 ◆ 에너지 사용의 환경적 문제 ◆ 에너지원 수요 공급 상황 	
에너지문제 해결 방안	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 대체에너지 자원의 개발 ◆ 에너지원의 효율적 사용 	에너지문제에 대한 교육에 포함
에너지와 생활	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 에너지의 절약 방법 ◆ 에너지와 경제 ◆ 대체에너지 자원의 이용 	에너지문제에 대한 교육에 포함

(출처 : 천은주와 최돈형, 2008)

또한, 2007 개정 및 2009 개정 초등학교 교육과정에서의 에너지 관련 내용을 보면 2007년 6학년 과학과목에서 에너지의 형태, 종류, 전환 등의 개념위주 지식 전달에서 2009년 이러한 에너지 개념에 대한 교육이 6학년에서 중학교 과정으로 옮겨가게 된다. 하지만, 2009 개정 초등학교 과학교과서에서는 3학년 자기력, 4학년 빛 에너지, 5학년 열에너지, 6학년 전기 에너지 등 직접적인 에너지 개념을 전달하지는 않지만 다양한 에너지 종류를 소개하고 있다. 특별히 6학년 과학교과서의 탐구활동에서는 전기와 우리 생활의 관계를 이야기하면서 전기를 절약하는 방법을 조사하도록 안내하고 있다. 구체적으로 집이나 학교에서 전기를 사용하는 습관을 점검하고 이러한 전기를 절약할 수 있는 방법을 생각해보도록 하고 있다. 6학년 실과 교과서에서는 생활과 전기·전자 단원에서 전기 절약을 위한 만화이야기를 소개하면서 에너지 소비효율이 높은 제품을 사용하도록 권장하고 있다. 한편, 4학년 도덕 과목에서는 에너지 절약의 문제를 과학과목처럼 직접적으로 다루기보다는 환경을 보호하자는 차원에서 다루어지고 있다. 즉, 환경보호를 위한 녹색 생활의 실천을 강조하면서 태양이나 바람 등 자연에서 얻을 수 있는 재생에너지를 많이 사용하여 환경오염을 줄일 수 있음을 제시하고 있다. 또한 5학년 사회 과목에서는 환경과 조화를 이루는 국토라는 주제 하에 지속가능한 발전의 개념을 도

입하면서 신재생에너지 이용을 통한 지속가능한 발전의 사례와 지속가능한 발전을 달성하기 위한 해결방안들을 다루고 있다(<표 2-3> 참조).

<표 2-3> 2009 개정 교육과정 초등학교 에너지교육 내용

교과과정	(소)단원 제목	차시	에너지교육 내용
과학 3-1	자석의 이용	11	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 자기력의 원리 ◆ 자기력을 작용하는 물체 ◆ 생활 속에서의 자기력 이용
과학 4-1	식물의 한살이	-	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 바이오디젤을 이용한 친환경 자동차 연료 이용
과학 4-2	거울과 그림자	11	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 빛 에너지의 성질 ◆ 빛의 반사
	물과 얼음	-	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 지구온난화의 재앙
과학 5-1	온도와 열	11	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 열에너지와 온도의 개념 ◆ 열에너지의 이동 ◆ 생활 속에서의 열에너지의 이동 원리 이용
과학 6-1	렌즈의 이용	11	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 빛의 굴절
	여러 가지 기체	-	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 지구온난화와 온실가스
과학 6-2	전기의 작용	11	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 전류의 특성 ◆ 전자석의 특성 ◆ 생활 속에서의 전기에너지 절약
	연소와 소화	10	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 연소 현상과 배기 가스 ◆ 화석연료 이용과 지구온난화
도덕 4	내가 가꾸는 아름다운 세상	4	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 자연과 함께하는 우리 ◆ 환경, 바른 생각으로 지켜요 ◆ 환경보호, 마음으로 시작해요 ◆ 녹색 생활, 나부터 실천해요

교과과정	(소)단원 제목	차시	에너지교육 내용
사회 5-1	모두를 위한 지속가능한 발전	3	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 지속가능한 발전 개념 ◆ 지속가능한 발전 사례 : 신재생 에너지 이용 ◆ 지속가능한 발전을 위한 문제해결방안 제시
실과 6	전기·전자의 이용	6	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 전기·전자 제품의 종류 ◆ 전기·전자 제품의 원리 ◆ 생활 속에서의 전기 절약

한편, 2015 개정 교육과정의 경우 초등학교 1~2학년군의 바른생활에서는 여름철 생활에 필요한 에너지 절약 방법을 알고 실천하며, 여름방학을 건강하게 보낼 수 있는 생활 습관을 형성하도록 돕기 위한 내용으로 구성되어 있다. 한편 초등학교 5~6학년군의 과학에서는 에너지 관점에서 전구의 연결 방법에 따라 에너지 소비가 달라짐을 이해하도록 접근하고 있으며 일상생활의 예를 통해 에너지 전환을 알고, 에너지를 효율적으로 사용하는 방법을 탐구하도록 구성되어 있다. 그리고 초등학교 5~6학년군의 실과에서는 ‘기술 시스템’에서 신·재생에너지와 같은 친환경 에너지를 학습요소로 제시하고 있다. 에너지 일반 개념에 대해서는 초등학교 5~6학년군의 과학에서 열의 전달 부분을 다루고 다른 에너지 보존이나 전환 같은 개념은 중학교에서 배우도록 짜여있다(신영준, 2017). 특히, 과학 6-2 교육과정과 사회 6-2 교육과정에서는 학습자들로 하여금 지속가능한 미래를 달성하기 위하여 친환경적이고 효율적인 에너지의 이용 방법을 모색하도록 유도하고 있어 에너지교육의 효과를 더욱 높이고 있다(<표 2-4>참조).

<표 2-4> 2015 개정 초등학교 교과과정의 주요 에너지교육 내용

교과 과정	(소)단원 제목	학습 내용	성취 기준
과학 6-2	에너지와 생활	생물이 살아가거나 기계를 움직이는 데 에너지가 필요함을 알고, 이때 이용하는 에너지의 형태 조사	에너지와 에너지 자원, 에너지와 물질을 구분하고, 열에너지, 전기 에너지, 빛에너지, 화학 에너지, 운동 에너지, 위치 에너지 등 에너지 형태를 이해
		자연 현상이나 일상생활의 예를 통해 에너지의 형태가 전환됨을 알고, 에너지를 효율적으로 사용하는 방법 토의	에너지 전환이 일어나는 다양한 현상의 예를 살펴보고, 에너지 전환 과정에서 에너지를 효율적으로 사용하는 전기 기구, 건축물 등의 예, 생물이 에너지를 효율적으로 사용하는 사례 등을 조사·설명
사회 6-2	지속가능한 지구촌	지구촌의 주요 환경문제를 조사하여 해결 방안을 탐색하고, 환경문제 해결에 협력하는 세계시민의 자세 배양	지구촌에서 일어나는 다양한 문제 중에서 우리 생활과 관련이 깊은 환경문제를 조사하여 환경문제의 원인이 무엇이고 이것을 해결하기 위하여 우리가 어떤 자세를 가져야하는지 파악
		지속가능한 미래를 건설하기 위한 과제(친환경적 생산과 소비 방식 확산, 빈곤과 기아 퇴치, 문화적 편견과 차별 해소 등)를 조사하고, 세계시민으로서 이에 적극 참여하는 방안 모색	지구촌의 다양한 문제를 해결하고 앞으로 지속적으로 발전하기 위해서 우리가 어떤 자세를 가지고 어떻게 행동해야 하는지를 파악

(출처 : 교육부 2015 개정 교육과정)

이러한 에너지교육의 목표를 달성하기 위해서는 간학문적 교수·학습 방법의 적용이 매우 중요하다. 또한 단순히 추상적인 지식을 전달하거나 수동적인 반응을 이끌어내는 교수·학습 방법은 에너지교육에 적합하지 않을 것이다. 최돈형 등(1994)은 이러한 에너지교육에 적합한 교수·학습 방법으로 토의, 놀이, 실험, 조사, 탐방, 자료해석, 실천 및 참여, 표현 및 감상, 강의 등을 제시하였다. 이러한 접근 방법은 교육 목적에 따라 적절히 적용되어야 하는데 예를 들어 에너지 낭비 현황에 대하여 교육하고자 하더라도 가전제품의 대기전력 소비에 대한 실험은 에너지 낭비의 구체적인 파악이 가능하게 하고 반면에 에너지 절약제도와 관련된 토의는 에너지를 낭비하는 개인 또는 집단들의 에너지 소비패턴을 이해하게 할 것이다. 이처럼 같은 교육 목표를 갖더라도 교육 내용에 따라 서로 다른 교육·학습 방법을 적용하는 것이 중요하다.

<표 2-5> 에너지교육에 적합한 교수·학습 방법

교육방법	내 용	비 고
토의	학습자는 에너지문제와 관련된 토의를 통하여 자신의 의견을 형성하게 되고 자신을 표현하는 기회를 갖게됨	논쟁거리에 대한 풍부한 정보를 제공
놀이	게임이나 컴퓨터 시뮬레이션 등의 놀이에 에너지 절약방법 등의 교육 메시지를 담아 학습자에게 전달함	흥미에만 몰입되지 않도록 주의
실험	학습자는 에너지 절약 등과 관련된 실험계획 수립, 실험 수행, 결과 분석을 통해 에너지문제 이해 및 문제해결방법을 습득함	복잡하고 어려운 실험과정은 피함
조사	문헌조사, 인터뷰, 직접 관찰, 탐구 등을 통하여 에너지문제 해결방안을 찾아냄	자료 조사에 중점을 둠

교육방법	내 용	비 고
탐방	에너지 이용과 에너지문제가 우리 생활과 어떤 관계가 있는지 직접 체험을 통해 학습	기관 및 시설물 방문, 견학, 관찰
자료해석	주어지거나 수집된 자료로부터 여러 가지 의미 있는 해답을 찾아내고 이를 다른 상황에 적용하여 예상·추론을 수행함	표, 그림 등 자료활용 추론, 일반화
실천 및 참여	에너지 절약방법 등 학교에서 배운 것을 가정, 지역사회, 개인의 생활에서 직접적인 활동으로 수행함	학습된 가치를 실제상황에 적용
표현 및 감상	말, 문장, 그림, 작품 등을 통해 에너지문제에 대한 학습자의 느낌을 표현하고 의견을 나타냄으로써 인식을 깊게 하고 문제 해결방안을 찾아냄	에너지문제에 대한 친근감을 증진
강의	통합적인 관점과 열린 질문을 통해 학습자에게 에너지의 개념과 에너지와 정치·사회와의 관계의 의미를 인식시키고 이해시킴	에너지 개념과 정치사회 관계 인식

(출처 : 최돈형 등, 1994)

2 에너지문제 해결 학습 과정

에너지문제에 대한 교육은 학습자들이 현재와 미래의 에너지 수요에 대처하는 방법을 익히는 데 기여하여야 한다. 이러한 에너지문제에 대한 교육은 에너지 절약, 새로운 에너지 기술, 에너지 이용으로 인한 환경오염 방지 등에 대한 지식 전달을 포함하고 있다. 그리고 이러한 에너지문제에 대한 교육은 궁극적으로 학습자들의 에너지에 대한 태도, 가치, 의사결정, 행동 등에 영향을 주어야 할 것이다(Ntona, Arabatzis, & Kyriakopoulos, 2015).

우리나라 초등학교 교과 과정에서도 이러한 에너지문제에 대한 교육을 시행하고 있다. 예를 들면, 에너지문제로서 지구온난화와 같이 에너지 이용으로 인한 환경문제를 중심으로 소개되고 있고 이에 대한 해결방안으로는 에너지절약과 같은 에너지의 효율적 이용과 신재생에너지와 같은 대안 에너지¹ 이용 등이 제시되고 있다. 이와 관련하여 2015 개정 과학 교과 과정에서는 과학적 문제해결 능력을 강조하여 학습자들이 과학적 지식과 과학적 사고를 활용하여 개인적 혹은 공적 문제를 해결하는 능력을 함양하는 것을 학습 방향으로 정하고 있다. 즉, 일상생활의 문제를 해결하기 위해 문제와 관련 있는 과학적 사실, 원리, 개념 등의 지식을 생각해 내고 활용하며 다양한 정보와 자료를 수집, 분석, 평가, 선택, 조직하여 가능한 해결 방안을 제시하고 실행하는 능력을 강조하고 있다. 또한 2015 개정 사회교과 과정에서도 다양한 사회적 문제를 해결하기 위하여 최적의 방안을 도출하는 능력, 사회현상과 문제를 탐구하고 선택 가능한 대안 중 가장 적절한 해결책을 선택하는 능력을 배양하는 것을 강조하고 있다. 이와 같이, 우리나라 초등학교 교과 과정에서도 학습자들이 에너지문제와 같이 실제 생활에서의 문제들을 해결할 수 있는 능력을 함양하는 것을 중요한 부분으로 다루고 있음을 알 수 있다(교육부, 2018).

하지만, 앞 장에서 논의하였듯이 오늘날의 초등학교 에너지교육은 아직 에너지문제를 위한 해결책을 찾는 데 있어서는 에너지절약 위주의 수동적인 태도를 이야기하는 데 그치고 있다. 또한 태양광이나 풍력발전과

같은 재생에너지를 소개하는 데 있어서도 지식 전달에 머무르고 있어 처음 에너지교육에서 지향하는 기능이나 참여 측면에서의 교육내용이 제한적이라는 단점이 있다.

따라서, 에너지문제 해결을 위한 교육이 효과적으로 시행되기 위해서는 문제중심학습(Problem-Based Learning: PBL) 과정이 접목될 필요가 있다. 여기에서 문제중심학습이란 비판적 사고, 문제해결 기술, 내용 지식 등을 실제 세계의 문제들에 적용하는 학습 과정이라고 할 수 있다(Levin, 2001). 이러한 문제중심학습은 실제적인 문제 해결을 통하여 학습자들의 창의적인 능력을 배양하자는 Dewey의 교육 철학에서 비롯되었다(Delisle, 1997; 조연순과 이명자, 2017). 실제로 Dewey(1916)는 아래와 같이 실제적인 문제 해결을 위한 교육을 통하여 해결책을 찾는 것이 학습자들의 자발적이고 창의적인 학습에 기여한다고 역설하였다:

아이들이 무언가를 수행하고 그러한 활동 중에 떠오르는 것을 토론할 때 아이들의 질문은 교사의 개입 없이도 자발적이고 무수히 많아지며 다양하고 진취적이며 창의적인 해결책들이 나타나게 된다. 실제 문제들과 연관된 교재나 활동들이 없다면 학생들이 다루고자 하는 문제들은 오직 학생으로서의 문제들일 뿐이며 한 인간으로서의 문제들은 아닐 것이다. 따라서 그러한 문제들을 다루면서 얻어진 능력을 교실 밖의 실제적인 일에 적용하는 것은 쓸 데 없는 낭비에 불과할 것이다.

(출처 : Dewey, 1916, 183쪽)

이러한 문제중심학습이 실제 교육 현장에서 활용된 것은 1969년 남가주 대학교(University of Southern California) 의과 대학에서 신경학과 임상실습 학생들을 위하여 문제 상자(Problem Box)를 만든 것이 시초라고 할 수 있다(Barrows, 2000). 이러한 문제 상자에는 소책자가 들어 있는데 이 책자에는 학생들로 하여금 수업 시간에 임상 환자들의 증세와 같은 실제적인 문제들에 대한 해결방안을 추론할 수 있도록 다양한 문제들을 포함하고 있으며, 이 책자의 말미에는 환자에게 물어볼 수 있는 다

양한 질문들과 신체 및 신경학적 검진을 위한 항목들이 제시되어 있다. 또한 문제 상자 안에는 검진 중인 환자를 담은 영상 슬라이드와 엑스레이 사진이나 병리학 슬라이드 등이 들어 있다. 이와 같은 문제 상자를 활용한 문제중심학습은 1973년 캐나다의 McMaster 대학에서 학습자원설계 프로젝트(Project for Learning Resources Design)가 진행되면서 더욱 발전하게 되었다. 즉, 앞의 문제 상자의 경우 학습자들이 자유롭게 질문하는 데 한계가 있으므로 이를 개선한 양식을 만들어 임상추론기술을 더욱 발전시키고자 하였다(Barrows, 2000).

이러한 문제중심학습방법의 진행과정을 보면, Barrows(2000)는 임상실습에서의 환자 진료 과정을 응용하여, 문제 구성, 가설 생성, 탐구 전략, 분석, 통합, 결정 등의 순서로 진행된다고 보았다. 그리고 이러한 문제중심학습을 통하여 얻어진 지식은 여러 분과 학문으로부터 통합되고 실제 세계의 단서들과 연결되어 있으며, 문제해결과정에 녹아있다고 보았다. 한편, Hmelo-Silver는 문제중심학습과정을 문제의 형성 및 분석, 자기주도적 학습(Self-Directed Learning), 평가 등으로 구분하고 세부적 진행과정을 문제 시나리오 설정, 사실 확인, 가설 생성, 지식적 결함 파악, 신규 지식 활용, 추상화(Abstraction)의 순서로 제시하였다. 특별히 Hmelo-Silver는 이러한 문제중심학습을 통하여 학습자들의 융통성 있는 지식, 문제해결기술, 자기주도적 학습기술, 효과적 협력 기술, 내재적 동기 등을 발전시킬 수 있다고 보았다 (O'Donnell et al., 2007). 조연순은 문제중심학습과정을 구성하는 핵심 요소를 찾아내어 다섯 단계로 요약하였다. 즉, 문제 만나기, 문제해결 계획 세우기, 탐색 및 재탐색 하기, 해결책 고안하기, 발표 및 평가하기 등의 문제중심학습과정을 거쳐 학습자들의 창의적이고 비판적인 사고력을 촉진할 수 있다고 보았다(조연순과 이명자, 2017)(<표 2-6> 참조).

<표 2-6> 문제중심학습 진행과정

단 계	내 용	비 고
문제 제시	문제를 단순히 제시하는 것이 아니라 학습자들이 문제에 흥미를 갖게 하고 문제가 무엇을 의미하는지 알도록 하는 문제 인식과 문제 발견, 그리고 발견한 문제가 무엇인지를 파악하기 위해 문제를 재진술하는 과정 포함	학습자들의 문제 발견 능력 배양
문제 해결 계획	주어진 문제를 체계적으로 해결하기 위해 ‘알고 있는 것’, ‘알아야 할 것’, ‘알아내는 방법’ 등으로 문제해결에 필요한 지식과 활동을 세부적으로 구분하여 계획을 세움	학습에 대한 주인의식과 자기 주도력 신장
탐색 및 재탐색	문제해결을 위해 알아야 할 지식이나 정보를 탐색하는 과정이며 탐색한 지식이나 정보가 문제해결을 위해 충분하지 않을 경우 추가적 재탐색 수행	학교 교육과정에서 의도하는 전문지식 학습
해결책 고안	이전 단계에서 찾아낸 지식과 정보들을 활용하여 주어진 문제를 어떻게 해결할지 직접적인 해결책을 만드는 과정	비판적 사고력, 창의적 사고력 배양
발표 및 평가	학생들이 고안한 해결책을 여러 가지 방법으로 발표하고 그 타당성을 평가함으로써 다양한 해결책을 서로 공유하고 새롭게 습득한 지식과 정보가 문제해결에 얼마나 기여하였는지 파악	비판적 사고력, 창의적 사고력 배양

(출처 : 조연순과 이명자, 2017, 재구성)

실례로 조연순과 이명자(2017)는 이러한 문제중심학습방법을 실제 에너지교육에 적용해 보았다. 이를 위하여 2015 개정 교육과정 5~6학년군의 내용에 맞추어 ‘다양한 에너지의 형태와 특징, 에너지의 전환을 이해하여 에너지와 생활 관련 문제를 창의적으로 해결’하는 것을 목표로 하는 문제중심학습과정을 진행하였다. 구체적으로 학생들이 해결하고자 하는 문제를 다양한 발명품들을 전시할 수 있는 ‘에너지 박람회’로 정하였

다. 문제중심학습에 참여한 학생들은 알고 있는 것, 알아야 할 것, 알아내는 방법에 대하여 모둠별 토의를 거쳐 문제해결 계획을 작성하였다(<표 2-7> 참조). 이어서 이러한 계획에 따라 과학도서, 전문가 특강, 실험, 비유하기 등 다양한 탐색활동을 수행하였다. 다음으로 이러한 탐색 지식을 바탕으로 모둠별로 에너지 박람회에 전시할 발명품을 제작하였다. 이렇게 발명품 제작을 마친 후 마지막으로 제작된 발명품에 대하여 발표하고 에너지 박람회에 적합한 발명품인지를 평가하였다.

<표 2-7> 문제중심학습을 위한 문제해결 계획표 예시

알고 있는 것	알아야 할 것	알아내는 방법
○에너지의 종류	○에너지의 정의	○인터넷
○에너지가 필요한 물건	○에너지의 역사	○전문가
○에너지는 힘이다	○에너지의 종류 및 특성	○책
○에너지가 우리 생활에 꼭 필요하다	○에너지의 전환	○신문
○자연에서 얻은 에너지는 그 양이 달라진다	○에너지의 이용	○박물관 견학
○에너지는 미래의 자원이다	○에너지의 절약방법	○실험
	○에너지를 이용한 발명품	

(출처 : 조연순과 이명자, 2017)

이러한 문제중심학습은 해결하고자 하는 문제가 복잡하고 개방형이며 비구조적일수록 더 효과적이다(O'Donnell, 2007). 따라서 오늘날 자원 고갈, 기후변화, 방사능 오염 등 복잡하고 다차원적으로 발생하는 에너지 문제에 대한 교육의 경우 이러한 문제중심학습과정을 도입하는 것이 필수적이라고 할 수 있다. 특별히, 문제중심학습과정을 통하여 에너지문제에 대한 창의적이고 실용적인 해결책의 도출함으로써 학습자들의 비판적이고 창의적인 사고력을 더욱 신장시킬 수 있는 성과도 거둘 수 있을 것이다.

제 2 절 유추적 문제해결 접근법

1. 유추적 문제해결 이론과 사례

이 연구에서는 에너지문제에 대한 해결책을 도출할 수 있는 구체적인 방법으로 학습자들의 에너지문제 해결을 위한 지혜를 기를 수 있는 방법의 하나인 유추적 문제해결법을 선정하였다(Gentner & Holyoak, 1997; Kolodner, 1997; Chan et al., 2012). 유추란 일반적으로 사전에서 둘 혹은 그 이상의 사물들이 서로 간에 일부 측면에서 유사하다면 또 다른 측면에서도 서로 유사할 것이라는 추론이라고 정의한다(Merriam-Webster online dictionary, 2018년 11월 24일 검색). 또한 인지심리학적 관점에서는 서로 다른 두 영역(domain) 또는 동일한 영역 내에서 두 사물의 유사성(similarity)을 바탕으로 한 사물의 특성에 대응되는(mapping), 또 다른 사물의 특성을 추론하는(reasoning) 과정이라고 정의할 수 있다(Gentner & Holyoak, 1997; Holyoak & Thagard, 1997; 김미현, 2001; Bearman et al., 2002). 이러한 정의들에 따라, 이 연구에서는 유추적 사고를 학습자가 잘 알고 있는 사물이나 정보가 유사성을 바탕으로 새롭게 접하는 사물이나 정보로 옮겨가는 인식과정으로 정의한다.

20세기에 들어와 이러한 유추적 사고를 여러 가지 다양한 문제해결에 활용하려는 연구가 폭넓게 진행되어 왔다. 여기서 유추적 문제해결이란, 하나의 문제해결 방식이 충분히 알려져 있을 때 유추적 사고를 통하여 또 다른 특성을 가진 문제를 해결하는 과정이라고 할 수 있는데, 이 때 해결 방식이 알려진 친숙한 문제를 바탕문제(base problem)⁸⁾라고 하고, 이와 반대로 새롭게 해결해야 하는 문제를 표적문제(target problem)⁹⁾라고 정의한다(Gentner & Holyoak, 1997; Holyoak & Thagard, 1997). 또한 바탕문제와 관련된 지식이 대응 과정을 거쳐 표적문제로 전달되는 것

8) 일반적인 유추 과정에서 바탕문제를 바탕물 또는 유사물이라고도 한다.

9) 일반적인 유추 과정에서 표적문제를 표적물 또는 목표물이라고도 한다.

을 유추적 전이(analogical transfer)¹⁰⁾라고 정의한다(Gentner et al., 2004; 김미현, 2001).

이러한 유추적 문제해결의 대표적인 사례로 아르키메데스의 부력의 원리 발견을 들 수 있다(Hofstadter & Sander, 2013). 즉, 어느 날 왕이 아르키메데스에게 자신의 순금 왕관에 금 이외의 불순물이 들어있는지 조사해달라는 명령을 받고 이에 고심하다가 욕조에 들어갈 때 물이 넘치는 현상으로부터 왕관의 불순물 함유 여부를 알아냈다는 유명한 일화이다. 여기에서 중요한 점은 아르키메데스가 욕조의 수면 상승으로 신체에 대한 부피를 알아낼 수 있다는 사실로부터 순금 왕관의 부피를 측정하는 방법을 유추적 사고를 통하여 추론해 냈다는 점이다. 당시 기하학의 발달로 정형화된 도형의 부피는 측정을 통하여 계산해 낼 수 있었지만 왕관과 같은 불규칙적인 모양을 가진 물체의 부피는 기하학적으로 측정해 낼 수 없었다. 이 때 아르키메데스는 유체의 특징을 통하여 신체의 부피를 측정할 수 있다는 사실로부터 순금 왕관의 부피 측정방법을 추론해 낸 것이다(<표 2-8> 참조). 이처럼 아르키메데스의 일화는 유추적 문제 해결 방법이 기존에 없었던 새로운 해결책을 찾아내는 창의적 방법임을 입증하고 있다고 할 수 있다.

<표 2-8> 아르키메데스의 유추적 문제해결 사례

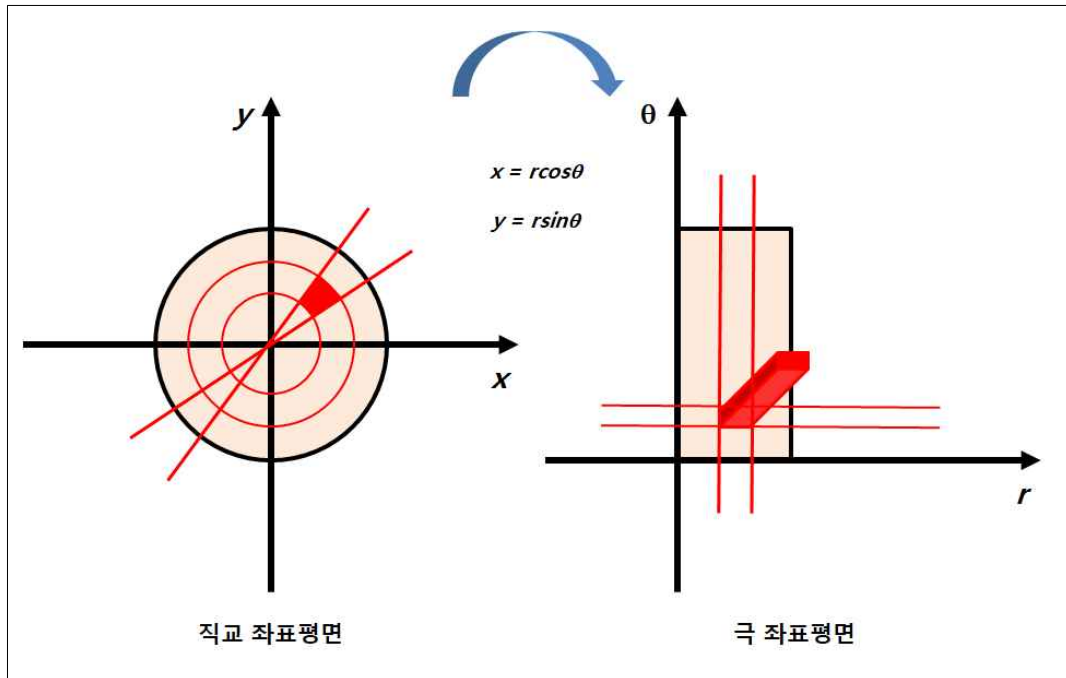
구분	바탕문제	표적문제
영역	신체	왕관
문제	신체의 부피를 기하학적으로 측정할 수 없음	왕관의 부피를 기하학적으로 측정할 수 없어 왕관 내에 불순물이 포함되어 있는지 여부를 알 수 없음

10) 전이(transfer)란 이전에 학습했던 기술, 전략, 지식들을 새로운 맥락 또는 환경에 적용할 수 있는 능력을 말한다(O'Donnell et al., 2007).

구분	바탕문제	표적문제
영역	신체	왕관
유사성	1. 신체의 모양이 불규칙적임	1. 왕관의 모양이 불규칙적임
	2. 일정한 밀도를 갖고 있음	2. 일정한 밀도를 갖고 있음
	3. 물속에서 용해되지 않음	3. 물속에서 용해되지 않음
해결 방안	신체를 물속에 잠기게 한 후 수 면 높이의 변화로 부피를 측정함	왕관을 물속에 잠기게 한 후 수 면 높이의 변화로 부피를 측정함

이러한 유추적 문제해결 방법은 일반 과학에서 사용하는 가설, 실험, 검증으로 이루어진 귀납적 사고방법에 비하여 여러 가지 장점을 가지고 있다. 첫 번째는 유추적 사고를 통하여 주어진 문제를 단순화시킬 수 있다는 장점이 있다. 예를 들면, 아래 그림에서 보듯이 직교 좌표평면에서 원의 면적을 구하기 위해서는 2차 함수를 통하여 원의 면적을 구해야 하는데 반대로 직교 좌표평면의 각 점 들을 유사한 구조의 극 좌표평면에 대응시키면 1차 함수를 통하여 면적을 쉽게 구할 수 있다. 즉, 유추적 문제해결은 유사한 사례를 통하여 복잡한 문제를 단순하게 바라볼 수 있게 한다. 특별히 고대 동양의 음양오행 사상의 경우에도 자연의 계절변화 특성으로부터 인체나 사물의 다양한 특성을 유추하였다. 그리고 이를 통하여 인체나 사물의 변화 현상을 단순화시킴으로써 여러 가지 다양한 복잡한 상호 관계들을 이론화하였다¹¹⁾.

11) 고대 동양에서는 음양오행(陰陽五行)의 개념을 통하여 자연의 변화에서 음양의 변화적 특성과 오행의 상생 및 상극관계를 찾아내고 이로부터 인체, 음식, 색깔, 음계 등 우리 생활 속의 다양한 변화관계를 유추하여 실제적인 생활에 응용하였다(Zhang et al., 2014; Herfel et al, 2017). 실례로 동양철학에서는 일 년 동안 우리가 경험하는 계절을 봄, 여름, 늦여름, 가을, 겨울의 다섯 가지로 분류하고 이러한 계절의 특성을 생(生), 장(長), 화(化), 수(收), 장(藏)으로 나타내었다. 즉, 이는 자연에서 생물이 태어나서 자라고 변화하며 거두어서 저장하는 일련의 변화 관계를 일반화한 것이라고 할 수 있다. 동양에서는 이러한 이론에 유



<그림 2-1> 직교 좌표에서 극 좌표로의 변환

또한, 유추적 문제해결은 기존의 유사한 지식의 확장을 통하여 새로운 발견을 하는 데 기여할 수 있다. 예를 들면, 만유인력의 법칙을 발견한 뉴턴은 사과가 나무에서 떨어지는 현상으로부터 달과 지구 사이의 인력 작용을 유추함으로써 물체의 낙하운동을 천체역학이라는 새로운 영역

추하여 일상생활에서 겪게 되는 여러 가지 현상의 변화 모습을 일반화 하였는데 그 대표적인 것이 우리 몸의 장기를 이러한 특성에 맞게 분류한 것이다. 즉, 간장은 생(生)의 특성, 심장은 장(長)의 특성, 비장은 화(化)의 특성, 폐는 수(收)의 특성, 신장은 장(藏)의 특성에 대응하여 이들의 관계를 통하여 어느 한 장기가 병이 들었을 경우에 대한 다양한 치료 방법을 고안해 내었다. 또 하나의 예는 음식의 맛을 들 수 있는데 음식의 맛을 신맛, 쓴맛, 단맛, 매운맛, 짭맛으로 분류하고 신맛은 생(生)의 특성, 쓴맛은 장(長)의 특성, 단맛은 화(化)의 특성, 매운맛은 수(收)의 특성, 짭맛은 장(藏)의 특성에 대응하여 각 음식의 맛들 사이에 상호관계를 이론화하였다. 이처럼 동양의 음양오행 사상은 자연계 전체 변화를 다섯 가지의 특성으로 분류하고 이로부터 전체를 이루고 있는 부분들의 변화 모습을 유추해낸 결과라고 할 수 있다.

으로 확장하였다(Root-Bernstein & Root-Bernstein, 1999). 또한 상대성의 원리를 발견한 아인슈타인은 등속도 운동을 하는 관측자 사이에서 물리 법칙은 똑같이 표현된다는 갈릴레오의 고전 상대성 원리로부터 유추하여 물체뿐만 아니라 전자기파까지 포함하는 새로운 상대성 원리를 발견하였다(Hofstadter & Sander, 2013). 이외에도 물리학의 많은 이론들이 사물이나 이전에 발견된 과학적 사실로부터 유추하여 탄생하였다(<표 2-9> 참조).

<표 2-9> 물리학 이론에 대한 유추적 사고 적용 사례

연구주제	바탕물	과학자
중력 포텐셜	언덕	라그랑제, 라플라스 (1770)
전기 포텐셜	중력 포텐셜	푸아송(1811)
자기 포텐셜	전기 포텐셜	맥스웰(1855)
4차원 공간-시간	3차원 공간	민코프스키(1907)
파동으로서의 전자	입자로서의 광자	드브로이(1924)
양자역학적 매트릭스	푸리에 급수	하이젠베르크(1925)
양자역학적 파동	고전역학적 파동	슈뢰딩거(1926)
양자적 교환관계	고전역학적 푸아송 괄호	디랙(1927)
입자들의 아이소스핀	양자 스핀 상태	하이젠베르크(1936)
약한 핵력	전자기력	페르미(1931)
강한 핵력	전자기력	유카와(1934)
벡터 보손입자	광자	양, 밀스(1954)

(출처 : Hofstadter & Sander, 2013)

이처럼 유추적 사고는 새로운 문제에 대한 미지의 해결책을 찾는 데 유용한 도구가 될 수 있다. 이러한 유추적 사고의 장점에 대하여 프랑스의 저명한 수학자 푸앵카레는 다음과 같이 표현하였다:

사람들은 그들이 도착하고자 하는 목적지가 어디인지 명확히 알고 있지 못함에도 불구하고 언제나 한 걸음 한 걸음 앞으로 나아갔다는 점을 생각해 보라. 그들은 그 목적지에 도착하기 위한 올바른 길을 추측해야만 했고 그렇게 하기 위한 안내자가 필요했다. 그러한 안내자는 무엇보다도 바로 유추이다.

(출처 : Hofstadter & Sander, 2013, 438쪽, 재인용)

마지막으로 유추적 문제해결은 익숙한 상황으로부터 매우 이질적인 상황의 문제를 해결하는데 도움을 줄 수 있다. 이는 유추적 사고가 단순히 표면적 유사성이 아니라 구조적, 기능적 유사성에 근거한 추론이기 때문이다(김미현, 2001). Root-Bernstein과 Root-Bernstein(1999)은 그 대표적인 사례로 헬렌 켈러를 들고 있다. 헬렌 켈러는 선천적 장애로 인하여 오직 촉각, 미각, 후각에 의해서 시각, 청각에 의한 세계를 이해하였는데 이것이 가능했던 이유는 바로 유추적 사고가 있었기 때문이다. 헬렌 켈러는 보고 들을 수 없었던 것과 맛, 냄새, 느낌으로 알았던 것들 사이에서 수많은 연상과 유사성을 이끌어내어 유추적 학습을 성공적으로 이행할 수 있었다. 이러한 헬렌 켈러의 사례처럼 유추적 사고는 전혀 이질적인 영역간의 유사성에 근거하여 창의적인 문제해결책을 이끌어낼 수 있는 장점이 있다.

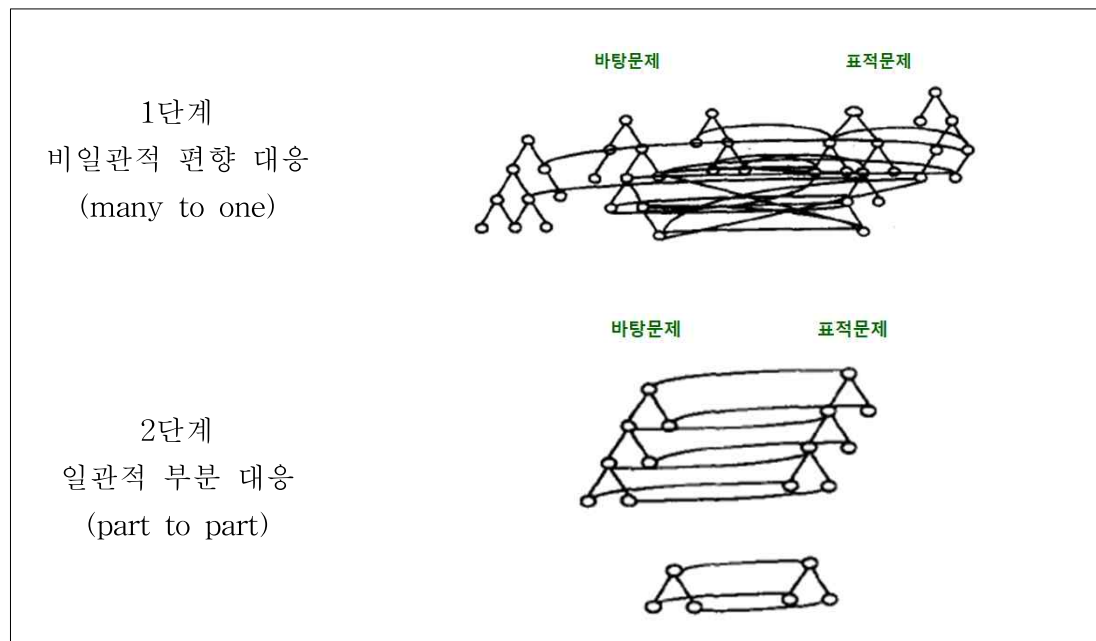
이러한 유추적 사고는 유사성의 유형에 따라 크게 표면 유사성(surface similarity)에 의한 유추적 전이와 구조 유사성(structure similarity)에 의한 유추적 전이로 구분할 수 있다(Gentner & Markman, 1997; 김미현, 2001; Morita et al., 2007). 전자는 두 문제간 속성이 유사한 경우를 말하는데, 주로 수학이나 과학에서 학습자들의 이해를 돕기 위해 유추적 사고를 사용하는 경우에 활용된다. 반은섭(2012)은 유추 조건은 비유추 조건보다 문제 해결률이 높은지, 수학 문제 해결에 있어서

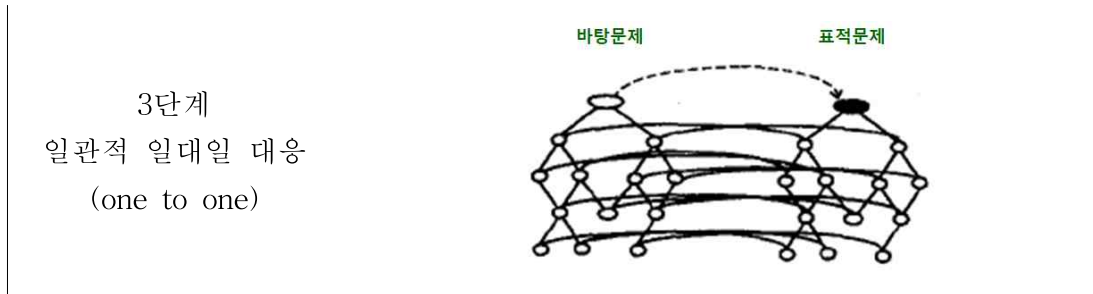
시각적 표상을 통한 유추는 어떤 역할을 하는지를 살펴보기 위하여 고등학교 3학년 남학생 80명을 대상으로 수열-복소수 유추 검사지를 통하여 유추 효과 연구를 진행하였다. 한편, 김자영(2010)은 사회과 수업방법에 유추적 사고를 활용하였는데, 유추에 관한 인지심리학의 연구결과들을 사회과 교과내용에 접목시켜 고찰함으로써 유추를 활용한 다양한 교수방법의 가능성을 탐색하였다. 연구방법으로 사회교과서 사례분석을 통하여 문제표상, 개념설명방법, 주장 정교화 방법으로서의 유추활용 효과를 분석하였다. 남미리 등(2014)은 학습자들이 속담을 통하여 생태적 지식에 대한 유추적 전이가 일어난다고 가정하고, 초등학교 6학년 192명을 실험군과 대조군으로 나누어 검사지를 작성하게 한 후, 그 결과를 분석하여 유추적 사고가 학습자들의 생태적 지식 습득에 긍정적 영향을 준다는 결론을 도출하였다. 이처럼 표면 유사성에 의한 유추적 문제해결은 상대적으로 유추적 전이가 용이하여 교과내용을 이해하기 위한 수단으로 적절하다고 볼 수 있다.

반면에, 구조 유사성은 두 문제가 서로 상관적인 구조를 갖는 경우를 말하는데, 이 때 유추적 전이는 서로 다른 영역 간에 일어나며, 주로 창의적인 과정에 사용된다(Morita et al., 2007; Gick & Holyoak, 1980). 대표적으로 Gentner(1983)는 두 영역들 간의 내용적 특성보다는 구조적 유사성에서 유추적 전이가 발생한다는 구조-대응 이론(Structure Mapping Theory)을 발전시키고, 실제로 중력의 법칙과 쿨롱의 법칙 간의 유사성에서 그 근거를 찾고자 하였다. Bearman et al.(2002)은 비전문가들이 실제 생활에서 유추적 사고를 통하여 문제를 해결해 나갈 수 있는지 궁금증을 갖고, 24명의 대학생들을 대상으로 2주 동안 경영 문제에 대한 해결책을 찾도록 하고, 그 결과 유추적 문제해결이 얼마나 활용되었는지 평가하였다. 이처럼 구조 유사성에 의한 유추적 문제해결은 사회문제와 같이 창의적인 사고를 필요로 하는 실질적인 영역에서의 문제해결 수단으로 적절하다고 할 수 있다(Gick & Holyoak, 1980).

Gentner와 Markman(1997)은 이러한 구조 대응 이론을 발전시켜 3단계 구조 대응(Structure mapping) 이론을 정립하였다. Gentner와

Markman(1997)은 유추적 사고에 따른 바탕문제로부터 표적문제로의 유추적 전이과정을 3단계 구조대응(Structure mapping) 이론으로 나타내었는데 그 중 첫 번째 단계는 일반적으로 비일관적이고 여러 개의 요소들이 하나에 대응되는 단계이다. 두 번째 단계는 국소적으로 대응되었던 요소들이 구조적으로 일관성을 지닌 부분집단을 이루게 되고 마지막 세 번째 단계에서는 이러한 부분집단들이 결합하여 하나의 구조적으로 일관성을 지닌 전체를 이루며 일대일 대응관계를 가지게 된다. 이러한 대응 단계에서 유의해야 할 점은 바탕문제의 해결책과 관련된 요소들에 대한 표적문제의 대응 요소가 아직 존재하지 않는다는 점이다.





(출처 : Gentner & Markman, 1997)

<그림 2-2> 단계별 유추적 문제해결 대응과정

또한, Gentner과 Markman(1997)은 바탕문제와 표적문제 사이의 구조 유사성은 다음의 세 가지 특징을 갖고 있다고 제시하였다. 첫 번째 특성은 구조적 일관성이다. 이 특성은 바탕물과 표적물의 각 요소들 간의 일대일 대응을 의미한다. 두 번째 특성은 관계적 초점이다. 즉, 유추적 사고란 앞서 언급한 표면적 유사성에 초점을 두기보다는 관계적 유사성에 초점을 두고 있다는 점이다. 세 번째 특성은 체계성이다. 이는 바탕물에 근거하여 표적물을 유추할 때 바탕물과 표적물 각각의 내적 요소들 간의 상호연관성이 높을수록 더 우수한 유추적 사고가 가능하다는 점이다.

반면에 Gick과 Holyoak(1980)은 유추적 사고를 통한 문제해결에 대하여 도식(Schema) 형성을 통한 유추적 전이를 강조하고 이를 바탕으로 인지심리학적 이론체계를 구축하였다. 특히, Holyoak은 바탕문제와 표적문제 사이의 구조적 유사성 뿐만 아니라 실용적인 요소의 유사성에 의하여 유추적 전이가 일어난다는 실용적 도식 이론(Pragmatic Schema Theory)을 제안하였다(김미현, 2001). Gick과 Holyoak(1980)은 실제 적용 사례로 서로 다른 영역에 속하는 군대의 요새공격과 암세포에 대한 방사선 치료와의 유추적 전이를 통해 효과적인 방사선 치료 방법을 찾아보려고 하였다(<표 2-10> 참조). 또한, Gick과 Holyoak(1980)은 학습자들의 유추적 사고를 통한 문제해결 과정은 3단계로 진행된다고 주장하였다. 첫 번째 단계는 바탕문제와 표적문제를 표상(representation)하는 것이다.

이 단계에서는 두 개의 서로 다른 문제의 객관적 특성들을 충분히 표상해내야 한다. 두 번째 단계는 바탕문제의 각 구성요소들을 표적문제의 해당 구성요소들에 대응시키는 것이다. 이 단계에서는 주관적이고 통합적인 사고를 활용하여 서로 다른 영역에 속하는 각각의 구성요소들 간의 유사성을 찾아내고, 이러한 유사성에 근거하여 대응 과정을 이행하여야 한다. 마지막 단계는 대응된 결과를 활용하여 이미 알려진 바탕문제의 해결책으로부터 표적문제의 해결책을 찾아내는 것이다. 이러한 해결책 도출은 바탕문제의 해결책에 해당하는 명제와 일치하는 표적문제의 해결책 명제를 구성함으로써 가능해진다(Gick & Holyoak, 1980). 김미현(2001)도 이러한 Gick과 Holyoak(1980)의 연구방법을 응용하여 요새공격 이외의 다양한 바탕문제를 실험참여자들에게 제공하고, 이로부터 효과적인 간암 치료법을 찾아낼 수 있는지 살펴보았다.

<표 2-10> 유추적 사고를 통한 방사선 암치료 문제해결책 도출 예시

구분	바탕문제	표적문제
영역	요새 공격(전쟁)	방사선 암치료(의학)
문제	군대를 동원하여 요새를 공격하고자 하나, 요새로 들어가는 길마다 지뢰가 매설되어 있어, 대규모 군대공격이 쉽지 않음.	방사선을 이용하여 몸의 특정 부위에 퍼진 암세포를 제거하고자 하나, 고강도 방사선에 의한 주변 정상 세포들의 손상 위험이 있음.
구조 유사성	1. 목적: 요새 함락 2. 수단: 군대 동원 3. 장애요인: 지뢰 매설	1. 목적: 암세포 제거 2. 수단: 방사선 활용 3. 장애요인: 정상세포 피해
해결 방안	소규모 군대를 조직하여 동시에 요새를 공격함으로써 지뢰에 의한 군사 피해 최소화	저강도의 방사선을 여러 방향에서 암세포를 향해 조사함으로써 주변 정상세포의 피해 최소화

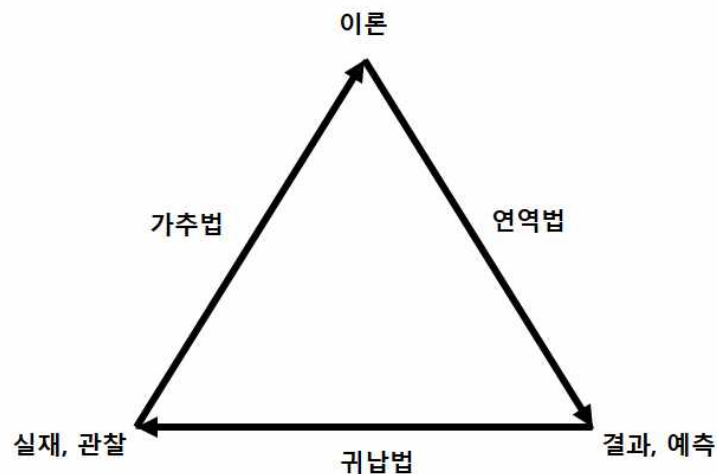
이어서, Ross는 앞서의 구조-대응 이론과 실용적 도식 이론과는 다른 사례 이론(Exemplar Theory)을 주장하였다(김미현, 2001). 사례 이론은 바탕문제의 선택이 문제들 간의 구조적 유사성이나 실용적인 요소의 유사성에 의하여 결정되는 것이 아니라 문제 전체의 종합적인 유사성에 의하여 결정된다고 보았다. 다시 말하면, 사례 이론에서는 유추적 문제해결은 문제의 구조와 구체적인 내용 정보가 종합적으로 표상되어 표적문제의 해결책을 찾는다는 입장을 갖는다. 이상의 유추적 문제해결과 관련된 세 가지 이론을 서로 비교하면 아래 표와 같다.

<표 2-11> 유추적 문제해결 관련 이론 유형

구분	구조-대응 이론	실용적 도식 이론	사례 이론
내용	유추적 문제해결은 바탕문제와 표적문제에 속하는 대상들 개개의 속성이 아니라 대상들 간의 관계성의 대응에 의해서 가능함	유추적 문제해결은 바탕문제와 표적문제 간의 구조적인 요인들뿐만 아니라 문제를 구성하고 있는 명제나 사물의 특성과 같이 문제를 풀기위한 실용적인 요인들 간의 유사성에 의해 가능함	유추적 문제해결은 문제의 구조와 구체적인 내용 정보가 독립적으로 표상되는 것이 아니라 문제 전체의 종합적인 유사성에 의하여 가능함
제안자	Gentner	Holyak	Ross

한편, 유추적 사고를 논리학의 관점에서 설명하려는 노력도 진행되어 왔는데, Magnani et al.(2010)은 학습자들이 유추적 사고를 통하여 표적

문제에 대한 해결책을 찾는 과정은 가추적 추론(Abductive inference)¹²⁾에 의해 가능하다고 제시하였다. 가추적 추론법은 고대 그리스 아리스토텔레스의 삼단 논법에서 시작하여 20세기 Pierce에 의해 재정립된 추론법으로서 어떤 현상에 대하여 그 현상을 가장 잘 설명해주는 가설을 찾아내는 선택적이고 창의적인 추론 과정이다. 또한 가추법은 그러한 현상에 대하여 수집된 자료로부터 상상력을 활용하여 이론을 생성해내는 방법이라고 할 수 있다(Magnani, 2001; Charmaz, 2014). 이러한 가추적 추론법은 또 다른 추론 방법인 연역적 추론법이나 귀납적 추론법과 명백히 구분된다. 다시 말하면, 가추적 추론법은 실제 관찰 결과로부터 이론을 생성하는 과정이므로 이전에 생성된 이론으로부터 결과를 예측해내는 연역적 추론법이나 실제 얻은 자료들을 가지고 예측 결과를 검증해내는 귀납적 추론법과 그 접근방식이 상이하다고 할 수 있다(Magnani et al., 2010)(<그림 2-3>참조).

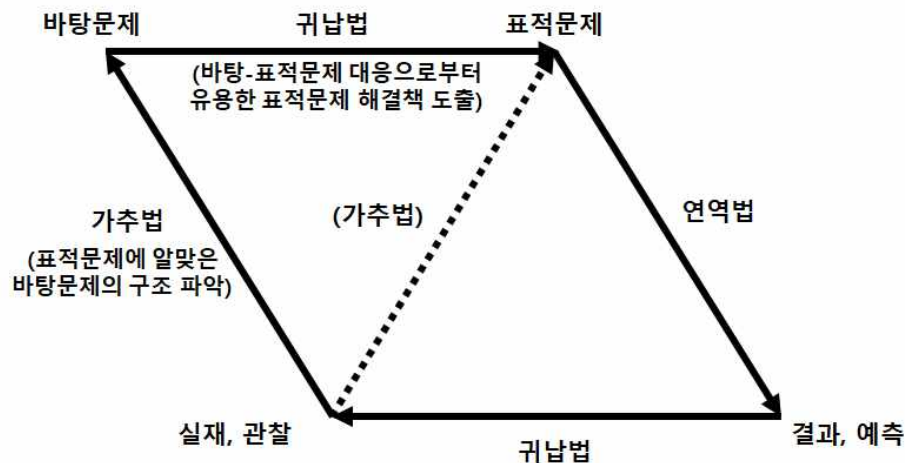


(출처 : Magnani et al., 2010, 재구성)

<그림 2-3> 가추법, 연역법, 귀납법 비교

12) 가추적 추론법은 귀추적 추론법이라고도 하는데 이 연구에서는 가설을 추론한다는 의미를 부각시키기 위하여 가추적 추론법으로 용어를 통일한다.

이러한 가추적 추론법은 유추적 사고방법과 매우 밀접한 관계를 맺고 있다. 유추적 사고방법은 크게 가추적 추론법과 귀납적 추론법이 결합된 복합적 사고방법으로 볼 수가 있다. 구체적으로 보면, 표적문제의 해결을 위하여 유추적 사고를 적용할 때 이러한 표적문제의 해결에 알맞은 바탕 문제의 구조를 파악하는 것이 선행되어야 하는데 이는 가추적 추론방법에 의해 가능하다. 그 다음 단계로 이렇게 파악된 구조들의 각 구성요소들 간의 대응을 통하여 바탕문제의 해결책으로부터 표적문제의 해결책을 도출하게 되는데 이는 귀납적 추론¹³⁾에 해당된다(Magnani, L., Carnielli, W., Pizzi, C., 2010)(<그림 2-4>참조). 따라서 이러한 가추적 추론방법은 추론적 비약(Inferential leap)을 통하여 학습자들로 하여금 주어진 문제를 해결하기 위한 방법을 찾고 과학적 발견과 이를 정당화하기 위한 논리를 서로 연결해 주는 역할을 한다고 할 수 있다.









(출처 : Magnani, L. et al., 2010, 재구성)

<그림 2-4> 유추적 사고와 가추적 추론 방법과의 관계

13) 현재 심리학의 이론들은 유추적 사고를 도식을 유도하거나(Schema induction) 구조들을 서로 대응시키는(Structure mapping) 것으로 기술하고 있다(Magnani, L. et al., 2010).

이 연구에서는 이러한 유추적 사고를 에너지문제 해결에 적용하기 위하여 우리 주변 생물들의 에너지 이용 방법에 초점을 맞추었다. 실제로 자연에서 살고 있는 생물들은 여러 가지 환경적 제약을 극복하기 위하여 나름의 해결책을 가지고 있다(Eadie & Ghosh, 2011). 생물들의 에너지와 자원의 이용 효율을 높이기 위한 여러 가지 해결책은 우리가 당면한 에너지문제를 해결할 수 있는 친환경 에너지 기술을 유추해내는 데 유용한 방안이 될 수 있다(Shu, 2006). 실제로 생체모방(Biomimicry)이라고 하여 생물들이 오랜 시간 동안 주어진 환경 속에서 살아오며 개발한 생존 전략과 패턴들로부터 현재 인간이 당면한 지속가능한 발전을 위한 해결책들을 찾아내는 혁신적 접근법들이 많이 도입되고 있다. 이는 과거 동물과 식물과 미생물들은 수십억년을 살아오면서 현재 인류가 당면한 많은 문제들을 이미 해결했다는 가정에서 출발하고 있는데 에너지 분야에서부터 건축, 교통, 농업, 의료, 통신 분야에 이르기까지 다양한 영역에서 생물들의 문제해결방법이 적용되고 있다. 실제로 혹등고래의 지느러미 모양을 본 따서 풍력발전 터빈 날개를 만들기도 하고 흰개미 집 내부구조를 본 따서 건물 내부 공기순환 시스템에 적용하고 있다. 수송 부문에서는 물총새 부리모양을 본 따서 초고속열차의 앞부분을 디자인하기도 하였고 농업 부문에서도 프레이리 초원의 생물 다양성을 본 따서 농업작물 재배법을 도입하고 있다. 의료 분야에서는 모기의 침 모양을 본 따서 의료용 주사바늘을 제작하고 있고 통신 분야에서는 돌고래의 초음파 신호를 본 따서 쓰나미 발생 측정기를 제작하는 사례도 있다(<표 2-12> 참조). 이와 같이 생체모방 기술은 우리가 살고 있는 지구를 우리의 목적에 맞추어 가는 것이 아니라 반대로 우리의 삶을 우리가 살고 있는 지구에 맞추는데 이용되는 기술이라는 점에서 큰 의의가 있다(Orr, 1994).

<표 2-12> 생체모방 사례

분 야	내 용	
에너지		<p>흑등고래의 지느러미 모양을 본 따서 풍력발전 터빈 날개를 만듦</p>
건축		<p>흰개미 집 내부구조를 본 따서 건물 내부 공기순환 시스템을 만듦</p>
교통		<p>물총새 부리모양을 본 따서 초고속열차의 앞부분을 디자인함</p>
농업		<p>프레이리 초원의 생물 다양성을 본 따서 농업작물 재배법을 도입</p>
의료		<p>모기의 침 모양을 본 따서 의료용 주사바늘을 제작</p>
통신		<p>돌고래의 초음파 신호를 본 따서 쓰나미 발생 측정기를 제작</p>

(출처 : <https://biomimicry.org/biomimicry-examples/>, 2019년 1월 5일 검색)






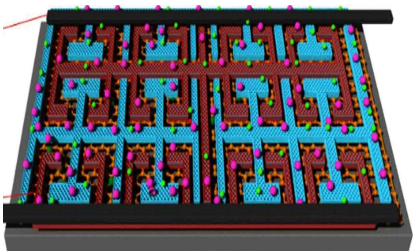
이러한 생체모방은 오늘날 인류 공동체가 당면하고 있는 에너지문제의 해결을 위한 수단으로도 많이 활용되고 있다. 특별히, 에너지 생산, 소비, 저장 기술에 식물의 구조와 기능으로부터 유추하여 에너지 손실량을 줄이고 생산량을 높이는 데 기여하고 있다(<표 2-12> 참조). 예를 들면, 태양열을 이용하는 발전소의 경우 해바라기 꽃의 씨 배열 패턴을 모방하여 태양광 집열판을 배열함으로써 태양으로부터의 집열량을 늘리고 있다(Chu, 2012). 또한, 수조 내부의 물을 정화시키는데 사용하는 워터믹서기의 경우 칼라꽃의 구조를 응용하여 교반 에너지 효율을 높이고 있다¹⁴⁾. 초고용량 축전지의 경우에도 고사리 잎의 프랙탈¹⁵⁾ 모양을 모방하여 전기 저장량을 증대시키는 효과를 거두었다(Thekkekara & Min Gu, 2017).

<표 2-13> 에너지문제 해결을 위한 생체모방 사례

구분	바탕문제	표적문제
영역	지구 환경 속에서 식물들의 에너지와 자원의 이용 방법	지구 환경 속에서 사람들은 과학기술을 통하여 에너지와 자원을 이용
구조 유사성	식물들은 한정된 자연 조건 속에서 에너지, 물질, 공간을 최	사람들은 자연 환경을 지속가능하게 유지하면서 에너지, 물

14) <http://rt-bi.nl/social-responsibility/bioinspiration/pax-scientific/> (2019년 1월 5일 검색)

15) 프랙탈이란 무한히 반복되는 복잡한 기하학적 패턴을 말한다. 프랙탈의 가장 큰 특성은 전체를 구성하고 있는 요소들과 그 하위 부분을 구성하고 있는 요소들의 패턴이 서로 유사함을 보이는 자기 유사성(Self-similarity)이다. 자연 속에서 이러한 패턴을 발견할 수 있는데 대표적인 사례가 고사리와 같은 양치류 식물의 잎이라고 할 수 있다. 이러한 프랙탈은 주어진 공간을 최대한 활용함으로써 에너지의 효율을 높일 수 있는 장점이 있다(Sandalow, 2013).

구분	바탕문제	표적문제
	대한 활용함	질, 공간을 최대한 활용함
에너지 생산	해바라기 꽃 	태양열 발전소 
	칼라 꽃 	워터믹서기 
해결 에너지 방법 소비	고사리 잎 	초고용량 축전지 
	에너지 저장	

이처럼 유추적 문제해결은 자신에게 친숙한 경험에 비추어 새롭게 당면한 문제를 지혜롭게 해결하는 데 유용하므로 여러 교과 과정에서 효과적인 교육방법이 될 수 있다. 특별히 유추적 사고는 우리가 과거 문제의 지식을 새로운 문제에 응용하도록 함으로써 우리가 새로운 문제를 해결할 때에 들어가는 정신적인 노력을 줄일 수 있다(이명자, 1996). 예를 들면, 유추적 사고는 과학수업에서 다른 교육방법과 비교할 때 창의적 교

육을 할 수 있는 유용한 수단으로 평가받고 있는데(김영민 등, 2013), 그 이유는 현상을 경험적으로 관찰하고 그 현상을 발생시키는 인과적 메커니즘을 중시하는 과학교육에 있어서 유추는 구체적 참조물을 바탕으로 추상적인 개념을 이해하고 이를 통해 과학적인 발견과 통찰을 가능하게 하는 것으로 인정받고 있기 때문이다(김자영과 손병노, 2010). 이외에도 유추적 사고는 사회과학과 같은 다른 교과에서도 학생들의 상상력을 자극하여 창의력을 키울 수 있을 뿐만 아니라 비판적인 사고력을 함양하는데에도 도움이 될 것으로 평가되고 있다(서재천, 1997; 김자영과 손병노, 2010). 요약하면 유추적 사고는 과학, 사회, 실과 등 여러 교과에서 학습자들이 외부로부터 주어진 복잡하고 어려운 문제를 풀어나갈 수 있도록 하는 데 기여함으로써 교육의 효과를 더욱 높일 수 있는 방법이라고 할 수 있다.

2. 과학교육에서의 유추적 사고 적용

오늘날 우리나라의 과학수업에서는 이러한 창의력을 함양하고 발휘하는 것이 매우 부족하다는 지적이 있다(김원숙 등, 2013). 예를 들어 학생들이 과학수업에서 탐구과정을 경험하도록 교육을 받지만, 학생 스스로 과학적 문제를 새로이 발견해 내거나 연구가설을 창의적으로 설정하는 탐구과정을 경험하는 기회는 드물다는 것이다. 이는 학생들이 이미 확립된 과학적 문제를 정해진 방법으로 해결해 가는 탐구과정에 참여하거나 교사가 연구가설을 제시하고 학생은 주어진 방법에 따라 탐구하도록 지도를 받기 때문이라고 할 수 있다. 달리 말하면, 오늘날 과학교육이 정형화된 틀을 벗어나지 못하는 것은 학교 과학교육에서 가르치는 과학내용들이 대부분 이미 검증된 과학지식으로서 학생들은 이러한 지식을 단시간에 습득하도록 요구받는 경우가 지배적이고 학생들이 학습하는 과정에서 문제를 발견해보거나 연구가설을 형성해보는 학습활동 또한 조작적일 가능성이 매우 높기 때문이라고 할 수 있다(김원숙 등, 2013).

이러한 오늘날 과학교육의 한계점을 극복하기 위해서는 유추적 사고와 같은 창의적 교육방법을 더 확대하는 것이 필수적이다. 유추적 사고는 일상적인 대화뿐만 아니라 특별히 과학 수업에서 많이 쓰이는 설명 도구이다(Treagust, Harrison & Venville, 1996). 그 이유는 하나의 사물 또는 상황을 또 다른 사물이나 상황에 효율적으로 빗대어 설명할 수 있는 장점이 있고 그 과정에서 세부적인 내용이나 관련된 정보가 전이될 수 있기 때문이다. 유추는 또한 과학에서 발견을 돕는 도구가 될 수 있다. 실례로 케플러가 시계의 동작에서 행성들의 운동 개념을 발전시켰다든지 호이겐스가 빛의 현상을 이해하기 위하여 물의 파동현상을 사용한 것을 들 수 있다. 또한 맥스웰이 전기력선을 이해하기 위하여 유체의 흐름을 비유로 든 것도 대표적인 사례라고 할 수 있다. 이렇듯 과학에서 유추는 발견의 도구이며, 설명적 장치나 개념 정립 도구로 사용된다(Harrison & Treagust, 1993). 인지적인 영역에서 유추는 추상적인 개념을 구체적인 것으로 변환하여 더 쉽게 기억하게 만들며, 보편적인 용어

와 틀을 제공함으로써 생각의 교환을 촉진한다. 또한 유추는 새로운 개념 구조의 생성에 관여하며, 기존 기억을 재구성하는 일을 돕고 그것이 새로운 정보를 제공하는 일을 돕는다.

학습 과정에서 유추의 역할은 개념 구조의 생성(generation), 재구조화(restructuring), 가시화(visualization)의 세 가지로 요약할 수 있다. 출처 영역으로부터 목표 영역들로 구조들을 전이시킴으로써 새로운 도식이 생성되며, 기존 기억들이 재구조화되거나 새로운 정보를 위해 재구조화를 준비하는 데 도움을 받을 수 있고, 비유가 새로운 정보를 상상하기 쉽고 좀 더 구체적인 것으로 만들어 줄 수 있다(Duit, 1991). 또한 유추는 새롭게 구성된 이론들을 자세히 규명하는 데 도움을 주고, 이론을 다듬고 확장시키기 위한 핵심 질문들을 제안한다. 이로부터 이론적인 요소들과 관찰 가능한 변인들 사이의 대응점들을 시사하고 이론을 구체적인 문제에 적용하게 하며, 이론들 사이에 연관을 제공함으로써 포괄적인 설명 체계를 얻는 데 기여한다.

김영민(1991)은 유추의 사용이 과학 개념 학습에 효과적이려면 바탕물(analog)이 다음의 다섯 가지 조건을 갖추어야 한다고 제안하였다. 첫째, 바탕물과 표적물(target)은 유사한 대응 관계를 가져야 한다. 둘째, 바탕물은 학생의 사전 개념을 고려하여 변화시킬 수 있어야 한다. 셋째, 바탕물은 표적물보다 학생들에게 친숙해야 한다. 유추를 사용하는 중요한 목적 중의 하나는 친숙하지 않은 것을 친숙한 것에 관련지음으로써 학습에 도움을 주고자 하는 것이기 때문이다. 넷째, 바탕물의 구조와 속성이 표적물에 비해 학생들이 이해하기 쉬워야 한다. 바탕물의 속성과 구조 자체가 학생들이 이해하기 어려운 것이라면 학생들로서는 표적물을 학습하기 이전에 바탕물에 대한 학습이 선행되어야 하기 때문이다. 다섯째, 바탕물은 그림이나 모형으로 나타낼 수 있어야 하고 실제 학습에서도 그림 유추(pictorial analogy)또는 모형 유추(model analogy)가 이루어져야 한다. 언어 표현에만 의존하는 유추는 학생들이 상상하는 데 어려움이 따르기 때문이다.

Duit(1991)에 따르면 구성주의적 학습의 관점에서 볼 때 학습의 과정

에서 이미 알고 있는 지식과 새로 얻으려고 하는 지식과의 유사성이 필수적으로 있어야 한다. 이러한 측면에서 유추는 학습자가 이미 알고 있는 개념으로부터 새로운 개념을 구성하는 것을 용이하게 할 수 있는 강력한 도구가 될 수 있다. 구체적으로 구성주의적 학습의 관점에서 유추가 주는 장점은 아래와 같다: 첫째, 유추는 학습하는 과정에서 새로운 관점을 열어주어 개념의 변화를 유발할 수 있는 유용한 도구이다. 둘째, 유추는 실제 세계에서 유사한 점들을 가지고 추상적인 것을 이해하도록 돕는다. 셋째, 유추는 추상적인 것을 구체적으로 볼 수 있도록 돕는다. 넷째, 유추는 학습자들의 관심을 유도하여 동기를 유발한다. 다섯째, 유추는 교사로 하여금 학습자들의 선수 지식을 고려하게 한다. 반면에, Duit(1991)는 유추가 긍정적인 효과가 아니라 오히려 학습 영역에서 잘못된 개념으로 이끄는 부정적인 효과도 가져올 수 있음을 지적한다. 단적인 예로, 유추의 과정에서 바탕물과 표적물이 서로 정확히 들어맞는 것은 불가능하다고 주장한다. 바탕물의 구조적 특징이 표적물의 구조적 특징이 언제나 일치할 수는 없으므로 그러한 특징들이 잘못 이해될 수 있다는 것이다. 또한, 학습자들의 바탕물에 대한 잘못된 이해가 표적물로 전이될 수도 있음을 지적한다. 따라서 처음 의도한대로 학습자들의 유추가 진행되었는지 확인하는 것이 필요하다고 주장한다. 마지막으로 유추의 과정이 일상생활 속에서 흔히 일어난다고 하더라도 교사가 의도한 유추의 과정이 자발적으로 일어나는 것은 드물기 때문에 학습의 과정에서 유추적 사고를 하는 것은 세심한 안내가 필요함을 강조한다. 이는 유추적 사고가 표면적인 유사점과 심도 깊은 구조적 측면에 의해 가능하지만 실제로 추론이 가능한 것은 구조적인 측면에 의해서이기 때문이다.

김민환 등(2017)은 과학 교과의 교수 전략의 일환으로 학습자들로 하여금 스스로 바탕물을 생성하여 목표 개념을 쉽게 이해할 수 있는 방법들을 탐색하였다. 이를 위하여 고등학교 2학년 학생들을 대상으로 화학 과목의 이온 결합에 대하여 바탕물의 개수, 바탕물의 대응 관계 이해도, 바탕물의 소재와 유형의 측면에서 분석하였다. 또한, 학생들이 생성한 바탕물의 특징을 인지적 특성에 따라 조사하기 위하여 이 결과를 학생들의

개념 이해도와 논리적 사고력, 유추 능력에 따라 비교하였다. 연구 결과, 학생들은 평균적으로 하나 이상의 바탕물을 생성하였으나 27.2%의 학생들이 바탕물을 하나도 생성하지 못했다. 또한, 생성한 바탕물에 대한 대응 관계 이해도는 전반적으로 낮은 수준에 머물러 학생들이 공유 속성을 많이 포함하는 바탕물을 생성하고 이를 목표 개념의 공유 속성이나 비공유 속성과 대응하는 데 어려움을 겪는 것으로 나타났다. 한편, 유추물의 소재 측면에서 학생들은 이온 결합에 대한 바탕물을 생성하기 위해 사람과 사물, 음식, 여가, 자연 환경 등의 소재를 활용하였다. 또한, 표현 방식의 측면에서 글과 그림 비유를, 대응정도의 측면에서 부연 비유를, 작위성의 측면에서 일상적인 비유를, 추상도의 측면에서 구체적인 비유를 선호하는 것은 학생들의 비유 생성 활동에서 나타나는 일반적인 경향으로 볼 수 있었다. 이상의 연구 결과, 이 연구는 학생들이 이온 결합에 대해 생성한 바탕물의 소재에 대한 결과와 바탕물의 구체적인 예시들을 과학 교과의 수업에서도 효과적으로 활용될 수 있음을 보였다는 점에 큰 의미가 있다. 즉, 교사가 학생들의 사전 경험과 지식 등을 고려한 바탕물을 사용하여 이해하기 어려운 과학 개념들을 설명한다면 학습 효과가 훨씬 높아질 것으로 판단할 수 있다. 하지만 이 연구는 목표 개념을 잘 이해하기 위한 바탕물을 찾는 과정을 다루고 있으므로 유추의 과정에서 나타나는 학습자들의 창의적 사고력을 다루기에는 한계가 있다. 또한, 학생들이 바탕물 생성에 어려움을 겪는 것으로 나타났으나 이러한 어려움을 구체적으로 밝히지 못하였다. 따라서 정성적 연구를 통해 자신이 생성한 비유와 목표 개념을 대응 하는 과정을 포함하는 학생들의 바탕물 생성 과정을 심층적으로 조사할 필요가 있다.

또한, 양찬호 등(2010)은 학습자들이 역할놀이 유추활동을 통하여 과학 개념을 쉽게 이해할 수 있는지 연구하였다. 실례로 중학교 1학년 학생들을 대상으로 ‘원 안에서 달리기’ 활동을 통하여 기체의 압력과 부피의 관계를 잘 이해할 수 있는지 살펴보았다. 즉, 기체의 압력은 기체 분자가 용기 벽에 충돌하는 횟수에 비례하는데 일정한 온도에서 용기의 부피가 줄어들면, 기체 분자의 운동 속도는 변하지 않지만 기체 분자가 용

기 벽에 충돌하는 횡수가 증가하여 기체 압력이 증가한다. 이를 원 안에서 달리기 활동에 비유한다면 기체의 부피는 원의 크기로 대응되고 기체 분자의 용기 벽 충돌 횡수는 원 안에서 달리는 사람들이 횡수에 대응될 수 있다. 이 경우에 같은 수의 학생들이 원 안에서 일정한 속도로 달릴 때, 작은 원 안에서 달리는 학생이 선을 밟는 횡수는 큰 원 안에서 달리는 학생이 선을 밟는 횡수보다 많아지는데, 이처럼 원의 크기가 작을수록 선을 밟는 횡수가 증가하는 것으로부터 기체의 부피가 줄어들면, 기체의 압력이 증가하는 현상을 쉽게 이해할 수 있게 된다. 이러한 연구 결과, 학생들의 유추 능력에 관계없이 역할놀이 유추 활동을 사용한 수업이 교사 설명 중심의 유추 수업보다 학생들의 개념 이해에 효과적이며, 목표 개념과 바탕물의 대응 관계를 오래 기억하도록 하는 데에도 효과적임을 도출하였다. 또한, 역할놀이 유추 수업은 동일한 바탕물을 사용한 교사 설명 중심의 유추 수업보다 특정한 대응 오류를 감소시키는 데 효과적인 것으로 나타났다. 이는 역할놀이 유추 활동이 학생들이 직접 경험한 역할의 활동 방법이나 규칙으로부터 바탕물의 속성들을 추출하여 목표 개념의 속성들에 대응시키는 것을 도움으로써, 학생들이 바탕물과 목표 개념을 연결시켜 생각하도록 하는 데 효과적인 활동임을 시사한다. 한편, 연구참여 학생들에 대한 면접 결과, 역할놀이 유추 활동에 대한 흥미도가 높고 활동에 적극적으로 참여했다는 응답이 많아 역할놀이 비유 활동이 학생들의 적극적이고 능동적인 수업 참여를 이끌어내는 데 효과적인 비유 사용 방식임을 의미하는 것으로 볼 수 있다. 마지막으로 이 연구는 유추 활동을 과학 개념의 이해에 적용하였다는 점에서 김민환 등 (2017)의 연구와 유사하지만 이러한 유추 활동이 단지 인지적 측면에 머무르지 않고 체험적인 요소와 연결하였다는 점에 큰 차이가 있다고 할 수 있다. 따라서 같은 유추 활동일지라도 그 수행방식에 따른 효과 차이가 있으므로 각 방식에 대한 유추적 전이 효과를 비교해보는 것도 의미 있는 연구가 될 것이다.

한편, 이처럼 과학교과 과정에서 어려운 과학개념을 이해하기 위하여 이와 비슷한 바탕물을 이용하여 목표개념을 쉽게 이해할 수 있는 학습과

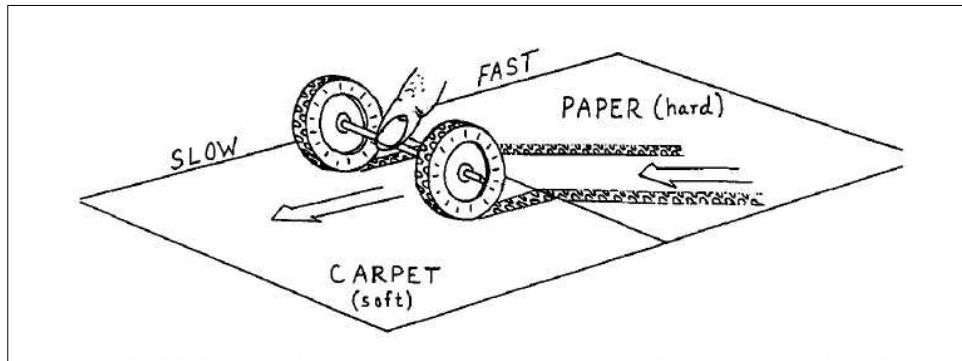
정을 좀 더 체계적으로 설계하려는 노력들도 진행되어 왔다. 대표적인 사례로 Glynn(1996, 2007)은 유추가 학습자들이 익숙한 것과 새로운 것 사이에 개념적 다리를 만드는 것을 도울 수 있다고 제시하고 있다. 특히 새로운 개념은 많은 경우에 매우 복잡하고 서로 상호작용하는 다양한 부분들로 이루어져 있어 시각화하기 어렵기 때문에 유추적 사고가 필요함을 강조하고 있다.

이러한 필요성에 따라 Glynn(1996, 2007)은 실제 과학교육 현장에서 유추적 사고를 도입하기 위하여 유추교수법의 하나로써 ‘Teaching-With-Analogies(TWA)’ 모델을 개발하여 실제 수업에 적용하였다(<표 2-13> 참조). 이 교수법은 먼저 학습자에게 익숙한 개념으로부터 새로운 개념을 찾아낼 수 있도록 표적물의 개념을 소개하는 단계부터 시작한다. 이어서 학습자들이 이미 알고 있는 바탕물의 개념을 상기시킨다. 그 다음에 표적물과 바탕물 사이에 서로 관련된 특징들을 파악하고 이를 일대일 대응시킨다. 그리고 표적물과 바탕물 사이의 다른 점들을 파악한 후 마지막으로 표적물에 대한 결론을 도출하게 된다. 이러한 단계를 적용한 실제 수업사례에서 학습자들로 하여금 생물 세포의 구성 요소와 과일 젤리의 구성 요소를 일대일 대응시켜 생물 세포의 특징을 쉽게 이해할 수 있도록 하였다. 즉, 세포핵은 과일 젤리 중의 자두에 대응하고 미토콘드리아는 건포도, 리보솜은 캔디조각, 원형질은 젤라틴에 각각 대응하여 생물 세포의 구조와 기능을 쉽게 이해할 수 있게 하였다.

<표 2-14> Teaching-With-Analogies(TWA) 모델

단계	내용
1	학습자에게 표적물의 개념을 소개하기
2	학습자에게 바탕물의 개념을 상기시키기
3	표적물과 바탕물 사이의 관련된 특징을 파악하기
4	표적물과 바탕물 사이의 유사한 특징들을 서로 대응하기
5	표적물과 바탕물 사이의 다른 점들을 확인하기
6	표적물에 대한 결론을 도출하기

또한, Harrison와 Treagust(1993)는 이러한 Glynn(2007)의 유추교수법을 응용하여 이를 학습자들이 빛의 굴절 현상을 배우는 과정에 적용하였다(<그림 2-5> 참조). 즉, Glynn의 모델과 유사하게 첫 단계에는 학습자에게 표적물의 개념을 소개하고 이어서 학습자들이 이미 알고 있는 유사한 상황을 상기시킨다. 그 다음에 표적물과 관련된 바탕물의 특징들을 파악하고 이를 표적물의 특징들과 일대일 대응시킨다. 그리고 표적물에 대한 결론을 도출하고 마지막으로 표적물과 바탕물 사이의 다른 점들을 파악하도록 한다. Harrison와 Treagust(1993)는 이러한 수업모델을 10학년 29명의 학생을 대상으로 적용해 보았다. 이 때 빛의 굴절 현상은 목표 개념이 되고 이에 대한 바탕물로 하나의 바퀴 축에 달린 두 바퀴를 이용하였다.



(출처 : Harrison & Treagust, 1993)

<그림 2-5> 빛의 굴절 현상에 대한 유추적 사고 적용

즉, 빛이 공기에서 유리로 입사할 때 두 매질의 밀도 차에 의해 굴절이 일어나는데 이는 한 쌍의 바퀴가 종이에서 카펫 위로 비스듬히 굴러갈 때 한 쪽의 바퀴가 카펫 위에서 굴러가는 속도가 느려지면서 바퀴의 방향이 바뀌는 것에 비유할 수 있다. 이 수업모델에서 무엇보다 두드러진 점은 학생들이 이러한 유추를 통하여 빛의 굴절 현상에서 이해하기 어려운 점을 상대적으로 쉽게 이해할 수 있도록 하였다는 점이다. 즉 빛이 공기에서 유리로 입사할 때 그 속도가 느려져 굴절이 일어난다는 것과 그 방향이 입사면에서 수직 방향으로 향한다는 것을 두 바퀴를 이용한 바탕물을 통하여 쉽게 이해할 수 있었다는 점이다(<표 2-14> 참조).

<표 2-15> 빛의 굴절 현상에 대한 유추적 사고 적용결과

구분	‘두 바퀴’로부터 유추적 사고를 통한 ‘빛의 굴절’ 현상 이해	비 고
1	유리표면에 직각으로 입사하는 광선은 굴절되지 않는다.	기본가정 : 두 바퀴는 광선의 두 가장 자리를 나타냄
2	유리표면에 비스듬히 입사하는 광선은 굴절된다.	

3	광선은 속도가 느려져서 굴절되는 것이다.
4	유리표면에 비스듬히 입사하는 광선은 수직방향으로 굴절된다.
5	광선은 유리가 공기보다 밀도가 높기 때문에 속도가 느려진다.

김희정과 조연순(2001)은 Glynn의 TWA모형을 재구성하여 식당 개념으로부터 광합성 개념을 유추하기 위한 학습을 진행하였다(<표 2-15> 참조). 초등학교 5학년 두 학급의 아동 73명을 대상으로 하여 처치 이전에 논리적 사고에 대한 집단평가(Group Assessment of Logical Thinking)와 사전검사(선개념 검사)를 실시하고, 처치 이후에는 사후검사(과학적 개념 검사)와 유추수업 집단에게만 과학 반응검사를 실시하였다. 사전검사와 사후검사 결과의 유의적인 차이를 살펴보기 위하여 두 독립표본에 대한 t검정을 실시한 결과, 비유모형을 수업시간에 적용하였을 때 학생들의 광합성 개념학습과 과학적 반응이 긍정적인 효과를 나타내었다. 이를 통하여 과학수업에서 학생들이 올바른 과학적 개념을 습득하기 위해서는 학습자가 이전에 가지고 있는 선개념으로부터 유추적 사고를 활용하는 것이 유용하다는 것을 확인하였다.

하지만 이 논문에서는 바탕물과 표적물의 대응 과정에서 각 특징들의 유사성에 대한 추가적인 보완이 필요하다. 예를 들면 광합성 과정에서 식물의 잎으로부터 배출되는 산소를 음식을 싣고 가는 트럭에 대응시켰는데 이는 광합성 과정에서 산소가 배출되는 세부 과정에 대한 명확한 이해가 부족하기 때문이라고 할 수 있다. 다시 말하면 광합성 과정에서 배출되는 산소는 탄소동화과정에서 나오는 전자의 수용체로서 이 과정의 부산물에 해당되는데 이를 음식을 싣고 가는 트럭에 대응시킨 점은 바탕물과 표적물의 특징을 명확히 파악하지 못한 오류에서 비롯되고 있

다. 따라서 유추적 사고를 통하여 새로운 과학개념을 이해하기 위해서는 표적물에 대응되는 바탕물의 특징에 대하여 세심한 주의가 선행되어야 할 필요가 있다.

<표 2-16> 식당 개념으로부터 유추를 통하여 광합성 개념 이해

바탕물(식당)		표적물(광합성)
요리가 만들어지는 식당	⇔	식물의 잎
음식재료를 싣고 오는 트럭	⇔	식물이 흡수하는 이산화탄소
음식을 싣고 가는 트럭	⇔	식물이 배출하는 산소
식당에서 만들어지는 요리	⇔	식물의 녹말

(출처 : 김희정과 조연순, 2001, 재구성)

우리나라 초등학교 과학 교과과정에서도 과학 개념 이해를 위하여 이러한 유추적 사고를 적용하고 있는데 2009 개정 초등학교 3학년 과학교과서에서는 얼음 설탕이 가루 설탕이 되는 과정으로부터 바위나 돌이 모래가 되는 과정을 유추하여 쉽게 이해할 수 있도록 돕고 있다. 또한 같은 3학년 교과서에서는 여러 가지 다른 색의 식빵들을 찹을 발라 겹겹이 쌓고 이를 칼로 자르거나 구부린 결과로부터 여러 가지 지층의 모양을 유추하는 탐구활동을 포함하고 있다. 초등학교 과학 교과과정에는 이외에도 직접적인 유추적 사고를 활용하는 것은 아니지만 유추적 문제해결의 좋은 예로서 다양한 영역에 유추적 사고를 적용하여 생물들의 특성을 모방한 제품들이 이용되고 있는 사례를 소개하고 있다(<표 2-17> 참조). 실례로 2009 개정 초등학교 3학년 과학교과서에는 자연에서 사는 생물들의 다양한 특성을 모방하여 만들어진 제품들을 소개하고 있는데 그 대표적인 것 중 하나가 뱀을 모방해서 만들어진 액티브 스코프 카메라이다. 액티브 스코프 카메라는 뱀의 움직임에 모방하여 만들어진 카메

라로 지진과 같은 재난 현장에서 무너진 건물 깊숙이 침투하여 생존자를 확인할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이 카메라는 특히 뱀의 움직임과 유사하게 이동할 수 있으므로 재난 현장 같은 비좁고 불규칙적인 공간에 침투할 수 있다. 결과적으로 뱀의 좁은 공간에서의 유연한 움직임으로부터 재난 현장이라는 불규칙공간에서의 활동방법을 유추해내었다고 할 수 있다.

또한, 2009 개정 초등학교 4학년 과학교과서에서는 생체모방으로 유명한 벨크로를 소개하고 있다. 벨크로는 일명 찌찌이라고 하여 일상생활에서 흔히 사용되는 제품이다. 도꼬마리라는 들풀의 열매가 옷에 달라붙는 현상을 모방하여 만들어진 제품인데 미세한 갈고리 모양의 가시가 옷의 섬유에 걸리는 모습에 유추하여 우리의 일상생활에서 별도의 화학적 접착물질 없이 접착을 자유롭게 할 수 있는 스티커가 만들어지게 되었다. 이처럼 액티브 스코프 카메라와 벨크로 모두 초등학생들에게 자연 현상을 모방하는 기술이 일상생활이나 특정 활동에 유용하게 사용될 수 있음을 보여주는 대표적인 사례라고 할 수 있다.

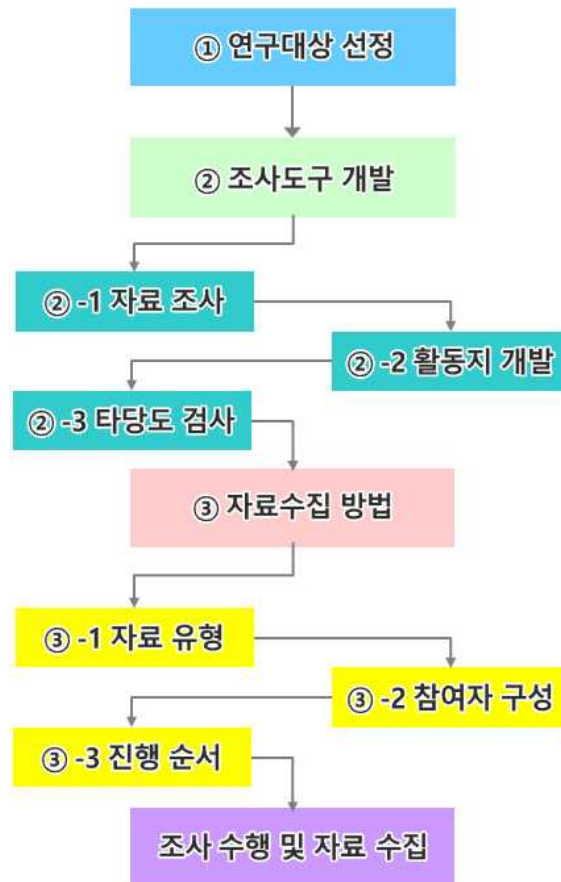
<표 2-17> 초등학교 교과과정의 생체모방 사례

사 례	바탕문제	표적문제	비 고
액티브 스코프 카메라			초등학교 과학 교과서 3-2 (2009개정 교과과정)
벨크로(찌찌)			초등학교 과학 교과서 4-2 (2009개정 교과과정)

이처럼 유추적 문제해결방법은 다양한 영역에서 실제적으로 적용되고 있으므로 현재 우리 사회가 당면하고 있는 에너지문제를 해결하는 데 있어 좋은 수단이 될 수 있다. 특히, 에너지문제의 대안이 될 수 있는 친환경 에너지 기술의 개발을 위해서는 여러 가지 사회적이고 경제적인 요인 뿐만 아니라, 다양하고 복잡한 에너지와 환경적 요인들을 고려해야 하는데, 이는 유추적 문제해결 방법을 적용할 수 있는 좋은 대상이 되고 있다. 따라서 이러한 유추적 문제해결 방법을 에너지교육에 다양하게 도입한다면 학습자들이 실질적인 에너지문제 해결을 위하여 친환경 에너지 기술 아이디어 개발하는 데 기여할 수 있을 것이다.

제 3 장 연구 설계

이 연구는 학습자들의 유추적 에너지문제 해결 과정을 살펴보기 위하여 아래 그림과 같이 연구대상 선정, 조사도구 개발, 자료수집 방법 설정 등 3단계의 절차를 거쳐 연구 설계를 진행하였다. 그리고 이와 같은 연구 설계를 마친 후에는 이에 따라 연구 결과 도출을 위한 조사 수행과 자료 수집을 진행하였다.



<그림 3-1> 연구 설계 절차

제 1 절 연구대상 선정

이 연구에서는 유추적 에너지문제 해결 과정에 대한 연구 대상으로 초등학교 6학년 학생들을 선정하였다. 2018년 현재, 초등학교 6학년 학생들은 2009 개정 초등학교 교과과정에 따른 수업을 받아 왔으므로 이에 따라 이 연구의 에너지교육 사례 조사에서도 2009 개정 초등학교 교과과정을 중점적으로 살펴보았다. 실제로 2009 개정 초등학교 과학교과서를 보면 3학년부터 유추적 사고의 개념을 적용하여 과학 이론을 설명하는 과정이 포함되어 있고 열과 전기에너지의 특성 및 이용 등에 대한 내용들을 소개하고 있다. 그리고 5학년 사회과 과정에서는 지속가능한 발전과 함께 신재생에너지에 대한 내용을 교육하고 있으며 6학년부터는 화석연료 이용과 지구온난화 내용을 교육하고 있다. 이를 볼 때, 초등학교 6학년 학생들은 유추적 에너지문제 해결 과정에 대한 연구의 대상으로 적합하다고 할 수 있다.

또한, 과거 연구에서도 초등학교 5학년을 대상으로 식당 개념으로부터 광합성 개념을 유추해내는 활동을 통해 긍정적 결과를 얻은 바 있어(김희정과 조연순, 2001) 이 연구에서도 이와 유사한 연구 목적을 위하여 초등학교 6학년을 대상으로 연구를 수행하는 것이 타당하다고 할 수 있다. 특별히 초등학생들의 경우 사회 현상에 대한 선입관념들이 형성되는 동시에 생활 습관들을 형성하는 시기¹⁶⁾로서 에너지문제에 대한 올바른 시각과 에너지절약 실천 습관들을 갖는 것이 중요하므로 유추적 사고를 통하여 에너지문제를 해결하는 학습과정을 적용하기에 알맞은 대상으로 볼 수 있다(김성희 등, 2016; 이동원 등, 2013, 임해진과 이상원, 2011; 박선아, 2009).

16) 피아제는 사람의 인지발달 단계를 4단계로 구분하였는데 그 중 마지막 단계는 11세 이상의 아동으로서 가설을 세우고 추상적인 문제를 풀 수 있는 정신작용이 가능하다고 보았다. 또한 체계적, 연역적 추론이 가능하고 여러 가지 문제 해결책들을 고려하여 가장 적합한 것을 선정할 수 있는 정신능력을 갖추고 있다고 보았다(O'Donnell et al., 2007).

제 2 절 조사도구 개발

이 연구에서는 학습자들의 유추적 에너지문제 해결 과정을 분석하기 위하여 초등학생들이 바탕문제로부터 표적문제로 단계적 유추과정을 수행할 수 있도록 유추적 에너지문제 해결 활동지를 개발하였다. 특히, 생물들이 갖고 있는 에너지와 자원 문제의 구조적 유사성을 바탕으로 생물들이 에너지와 자원을 효율적으로 이용하는 사례로부터 친환경 에너지 기술 아이디어를 유추할 수 있도록 유추적 문제해결 활동지를 작성하였다(<그림 3-2>, <그림 3-3> 참조). 그리고 이러한 활동지 작성을 위하여 Gick과 Holyoak(1980)이 제시한 유추적 문제해결 과정과 Gentner와 Markman(1997)이 정립한 구조 대응(Structure mapping) 이론, Glynn(1996)의 ‘Teaching With Analogies(TWA)’ 유추교수법, 조연순의 5단계 문제중심학습과정을 참조하였다.

먼저, 이 연구에서는 표적문제로 사람들의 에너지문제 중 수송, 냉방, 난방에너지의 과다 이용에 따른 대기오염, 기후변화, 방사성 폐기물 발생의 문제를 선정하였다. 즉, 또한, 바탕문제로는 앞의 에너지문제와 유사한 환경에 처해 있는 새들로서 북극제비갈매기¹⁷⁾, 펭귄¹⁸⁾, 토코투칸¹⁹⁾을

17) 북극제비갈매기는 무게가 100그램에 불과한 작은 새이지만 1년 동안 북극과 남극을 오가는 세상에서 가장 먼 거리를 이동하는 철새이다. 북극제비갈매기는 번식을 위해 북극에서 지내다가 겨울을 나기 위해 남극으로 이동하여 4~5개월을 보낸 후 다시 북극으로 돌아온다. 북극제비갈매기는 S자 경로를 따라 북극과 남극을 왕복하는데 이때 이동하는 총 거리는 70,000km에 달한다. 북극제비갈매기가 이렇게 S자 경로를 따라 이동을 하는 이유는 계절마다 불어오는 바람을 타고 이동하기 때문으로 알려져 있다. 북극제비갈매기는 이렇게 계절풍을 이용하여 이동하는 데 소요되는 에너지를 줄임으로써 작은 몸집으로 먼 거리를 이동할 수 있는 것이다(Amos, 2010).

18) 펭귄은 지구에서 가장 추운 곳 중 하나인 남극에서 서식한다. 하지만 펭귄은 영하 40도의 추위 속에서도 자신의 체온을 영상 38도로 유지하며 살아갈 수 있다. 펭귄이 이렇게 추운 날씨를 견딜 수 있는 이유는 몸을 덮고 있는 깃털 속에 공기를 저장하여 몸을 보온하기 때문이다. 펭귄의 깃털은 다른 새들과는 달리 짧고 뾰뚱한데 특히 내부의 속깃이 규칙적인 망구조를 하고 있어 그 안에

선정하였다. 이어서 유추적 에너지문제 해결을 위한 활동지 구성은 크게 두 부분으로 나누었다. 앞부분에서는 관련된 설명문과 그림을 통하여 표적문제를 충분히 표상할 수 있도록 활동지를 구성하였다. 여기에서는 학습자들로 하여금 유추적 에너지문제 해결 과정을 진행하기 이전 단계에서 주어진 표적문제에 대한 해결책을 미리 적도록 하여 학습자들의 표적문제에 대한 사전 이해도를 살펴보도록 하였다²⁰⁾. 또한, 뒷부분에서는 바탕문제에 대한 설명과 바탕문제와 표적문제 사이의 유사성 찾기, 표적문제에 대한 해결책 도출 등을 진행할 수 있도록 활동지를 구성하였다. 여기에서는 바탕문제와 표적문제 사이의 유사성²¹⁾을 찾고 그 결과를 바탕

공기를 담아둘 수 있다. 이러한 깃털의 단열 구조를 통하여 펭귄의 지구상에서 가장 추운 곳에서 살아남을 수 있는 것이다(AskNature Team, 2016).

19) 토코투칸은 검은 깃털에 덮인 채 1년 내내 비가 내리고 기온이 30도 이상 되는 아마존 정글에서 살아가고 있다. 하지만 토코투칸은 사람처럼 더울 때 땀을 흘려 몸의 열을 식힐 수 있는 몸의 구조를 갖고 있지 못하다. 그럼에도 불구하고 토코투칸이 이렇게 습하고 무더운 날씨를 견딜 수 있는 이유는 큰 부리를 통하여 몸 속의 열을 밖으로 내보낼 수 있기 때문이다. 특히 토코투칸의 부리는 몸 길이의 3분의 1에 해당할 만큼 크고 그 안에는 많은 혈관들이 분포되어 있어 몸 안의 열을 밖으로 방출할 수 있는 방열기 역할을 하는 것으로 알려져 있다(NBC News, 2009).

20) 이 연구에서 학습자들의 표적문제에 대한 해결책을 미리 적어보도록 한 이유는 크게 두 가지이다. 첫 번째는 학습자들의 표적문제에 대한 사전 지식을 살펴보기 위함이다. 이를 통하여 학습자들이 표적문제에 대하여 충분히 표상할 수 있는지 간접적으로 살펴볼 수 있다. 두 번째는 학습자들이 유추적 에너지문제 해결 과정을 통하여 도출된 에너지문제 해결책이 이전에 알고 있던 지식과 다른 새로운 것인지 비교해 보기 위함이다. 이를 통하여 학습자들이 유추적 에너지문제 해결 과정을 통하여 창의적인 해결책을 도출할 수 있는지 평가할 수 있다.

21) 이 연구에서는 Gentner와 Markman(1997)이 정립한 구조 대응 이론에 따라 구조유사성에 근거한 유사성 찾기와 해결책 도출 과정을 진행하도록 한다. 이는 표적문제인 사람들의 에너지문제와 새들의 에너지문제가 서로 이질적인 영역에 속하기 때문이다. 또한 학습자들의 자발적인 유사성 찾기를 돕기 위하여 바탕문제의 각 구성요소들을 표적문제의 해당 구성요소들에 대응시킬 수 있도록 유도하는 과정은 적용하지 않았다.

으로 이미 알려진 바탕문제의 해결책으로부터 표적문제의 해결책을 찾아내도록 하였다. 이상의 유추적 에너지문제 해결 과정에 대한 활동지의 내용을 요약하면 아래 <표 3-1>와 같다. 다음으로 이러한 활동지 구성 내용을 바탕으로 유추적 에너지문제 해결 과정을 이론화하기 위하여 연구참여자들을 대상으로 하는 면접 질문들을 체계적으로 정리하였다(<표 3-2> 참조). 마지막으로 이 활동지의 연구 적합성 확인을 위하여 환경교육 전공 박사과정에 있는 교사 2명과 에너지 정책 및 기술연구에 종사하는 박사 2명에게 타당도 검사를 받아 활동지 개발을 완료하였다.

<표 3-1> 유추적 문제해결을 통한 친환경 에너지 기술 아이디어 개발

구분	바탕문제	표적문제
영역	지구 환경 속에서 생물들의 에너지와 자원의 이용 방법	지구 환경 속에서 사람들이 과학 기술을 통하여 에너지와 자원을 이용
구조 유사성	생물들이 자연 환경 속에서 활용할 수 있는 에너지와 자원은 제한됨	과학기술의 환경파괴로 인하여 인간이 이용할 수 있는 에너지와 자원은 제한됨
해결 방법	① 북극제비갈매기: 계절풍향을 이용하여 장거리 비행 ② 펭귄: 깃털 내부에 많은 공기층을 만들어 단열효과 증대 ③ 토코투칸: 부리 내 열교환기 이용을 통한 몸의 열기 방출	유추적 사고를 통하여 표적문제 해결을 위한 친환경 에너지 기술 아이디어 도출

에너지 문제해결 새들에게 배우자 (A)



오늘날 우리는 열이나 전기 에너지를 많이 소비하여 그 어느 때보다 편리한 생활을 하고 있습니다. 하지만 이 때문에 여러 가지 문제가 생기고 있습니다. ① 첫째, 먼 거리를 가기 위하여 자동차를 많이 타고 다니지만 차에서 연료를 태우고 나오는 매연 때문에 대기오염이 더욱 심해집니다. ② 둘째, 추운 겨울을 따뜻하게 보내기 위하여 난방 보일러를 많이 사용하지만 석탄과 석유 같은 화석연료를 많이 소비하여 기후변화가 더욱 빨라집니다. ③ 셋째, 더운 여름을 시원하게 지내기 위하여 에어컨을 많이 켜지만 그만큼 발전소에서 전기를 많이 만들어야 하므로 원자력 발전으로 인한 방사성 폐기물이 더욱 많아집니다. 이처럼 많은 에너지를 소비하여 우리의 생활은 더욱 편리해졌지만 자연환경은 더 빨리 오염되어가고 자원도 점점 더 부족해지고 있습니다. 우리는 어떻게 해야 할까요?

번호	에너지 소비 문제점	문제해결 방법
1	먼 거리를 가기 위하여 자동차를 많이 타고 다닙니다.	
2	추운 겨울을 따뜻하게 보내기 위하여 난방 보일러를 많이 사용합니다.	
3	더운 여름을 시원하게 지내기 위하여 에어컨을 많이 켭니다.	

<그림 3-2> 유추적 에너지문제 해결 활동지 A면

에너지 문제해결 새들에게 배우자 (B)



위 그림은 북극제비갈매기, 펭귄, 토코투칸입니다. 새들이 겪고 있는 에너지 문제와 새들의 문제해결 방법에 대한 설명을 들어 봅시다. 새들과 우리가 가지고 있는 에너지 문제에서 유사한 점을 찾아봅시다. 새들의 문제 해결 방법을 생각하며 우리의 에너지 문제를 해결할 수 있는 방법을 생각해 봅시다.

번호	새	에너지문제 유사한 점 찾기	에너지문제 해결방법 찾기
1	북극제비갈매기		
2	펭귄		
3	토코투칸		

<그림 3-3> 유추적 에너지문제 해결 활동지 B면

<표 3-2> 유추적 에너지문제 해결과정에 대한 면접 질문

구 분	질문 내용
① 사람들의 에너지문제	<ul style="list-style-type: none"> • 오늘날 우리가 겪는 에너지문제의 심각성에 대하여 생각해 본 적이 있나요? • 그러한 에너지문제를 일으키는 원인에 대하여 생각해 본 적이 있나요? • 그러한 에너지문제를 해결하기 위한 방법에 대하여 생각해 본 적이 있나요?
② 새들의 에너지문제	<ul style="list-style-type: none"> • 새들이 갖고 있는 에너지문제에 대하여 잘 이해할 수 있었나요? • 새들이 에너지를 효율적으로 이용하고 있다고 생각하나요? • 새들이 에너지를 효율적으로 이용하는 원리는 무엇이라고 생각하나요?
③ 유추적 문제해결 활동	<ul style="list-style-type: none"> • 우리들과 새들의 에너지문제들 사이에 유사한 점을 잘 찾을 수 있었나요? • 그런 유사한 점을 바탕으로 새들의 효율적 에너지이용 방법으로부터 우리들의 에너지문제 해결 방법을 잘 찾을 수 있었나요?
④ 에너지문제 해결 방법	<ul style="list-style-type: none"> • 새들로부터 사람들의 에너지문제를 해결할 수 있는 방법을 배울 수 있다고 생각하나요? • 우리 생활에서 에너지를 이용할 때 새들의 에너지 이용방법이 실제로 도움이 된다고 생각하나요? • 그 문제해결 방법은 과거에 생각하지 못한 새로운 방법이라고 생각하나요? • 그 문제해결 방법이 현실적으로 이용 가능할 거라고 생각하나요?

제 3 절 자료수집 방법

이 연구에서는 자료 수집을 위하여 연구 참여자들을 먼저 모집하고 이러한 연구 참여자들을 대상으로 유추적 에너지문제 해결 활동을 진행하여 자료를 수집한다. 먼저, 연구 참여자 모집과 관련하여, 서울대학교 IRB(Institutional Review Board) 승인 내용에 따라 투명하고 자발적으로 연구 참여자를 모집한다. 즉, 연구 참여자들에게 사전에 연구활동 참여에 대한 충분한 설명을 제공한 후 자발적인 서면 동의를 거쳐 연구 참여자를 모집한다.

다음으로 이러한 연구 참여자를 대상으로 유추적 에너지문제 해결과정을 진행한 후 인터뷰, 활동지 기록 등의 방법을 통하여 연구에 필요한 자료를 수집한다. 서면 자료는 글 또는 그림이 될 수 있으며 초기 자료 수집 및 관련 문헌검토에 근거하여 필요 시 추가적으로 자료를 수집하도록 한다. 이를 위하여 먼저 유추적 에너지문제 해결 과정에 참가한 학습자들의 유추적 문제해결 활동지를 통해 표적문제에 대한 사전 평가를 진행한다. 사전평가 단계에서는 오늘날 사람들이 겪고 있는 에너지문제로서 에너지와 자원을 사용하는 과정에서 발생하는 대기오염, 기후변화, 방사성 폐기물과 같은 환경오염의 실상을 소개하고, 이에 대하여 자신이 생각하는 해결방안을 활동지에 쓰도록 한다. 이를 통하여 학습자들의 표적문제에 대한 이해도를 평가하도록 한다.

이어서 바탕문제에 대한 설명을 도입하기 이전에 학습자들의 유추적 에너지문제 해결을 돕기 위하여 실제로 어떻게 새들로부터 창의적이고 친환경적인 기술에 대한 아이디어를 얻어내고 있는지 생물모방 사례를 소개한다. 그리고 자연 환경 속에서 에너지와 자원을 효율적으로 사용하고 있는 새들로서 북극제비갈매기, 펭귄, 토코투칸을 소개하고, 이러한 생물들이 어떻게 에너지와 자원을 효율적으로 이용는지 설명한다.

마지막으로 이러한 생물들이 에너지와 자원 측면에서 갖고 있는 문제와 현재 우리 사회가 갖고 있는 문제와의 유사성을 찾아 활동지에 적도록 한다. 그리고 실제로 새들이 그러한 문제를 해결한 방법에 기초하여

사람들이 겪고 있는 에너지문제의 해결책을 도출하여 활동지에 쓰도록 함으로써 유추적 에너지문제 해결 과정을 마무리한다.

제 4 장 연구 결과

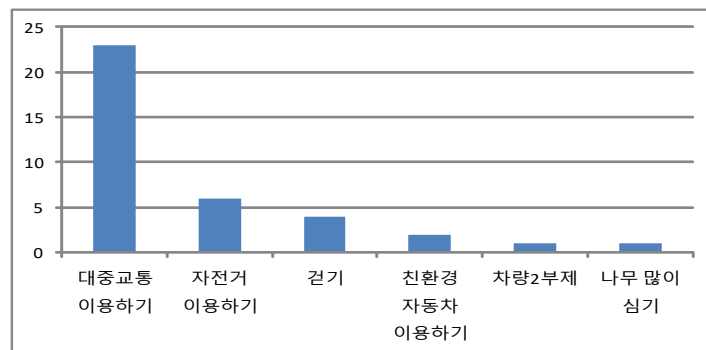
제 1 절 유추적 에너지문제 해결 과정 자료 수집

이 연구에서는 유추적 에너지문제 해결 학습모델 개발을 위하여 2018년 6월 29일 서울 소재 초등학교 6학년 학생 15명(남학생 15명, 여학생 15명)을 대상으로 5, 6교시에 유추적 에너지문제 해결 수업을 진행하였다(<그림 4-1> 참조). 이 유추적 에너지문제해결 수업은 전체 2차시 수업으로 진행하였으며 첫 번째 시간에는 새들에게서 에너지문제를 해결하는 방법을 찾는 과정을 진행하였고 두 번째 시간에는 학습자들이 도출한 에너지문제 해결방법을 중심으로 집단 면접을 진행하였다. 이러한 결과를 토대로 유추적 에너지문제 해결 학습모델 개발을 위한 코딩작업을 진행하고 자료들을 범주화하는 것이 충분하지 못한 경우 별도로 추가조사를 실시하였다.

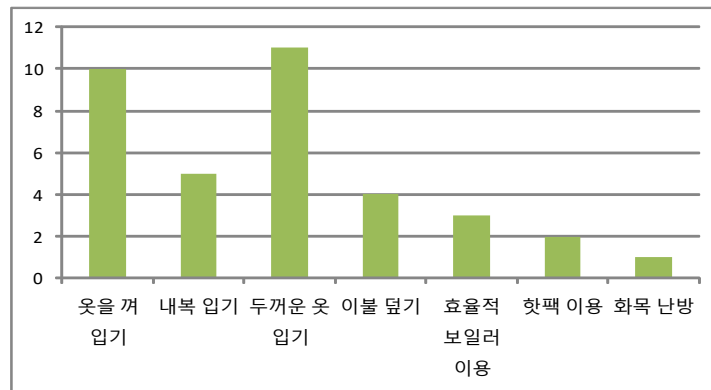


<그림 4-1> 유추적 에너지문제 해결 교육 프로그램 진행 장면

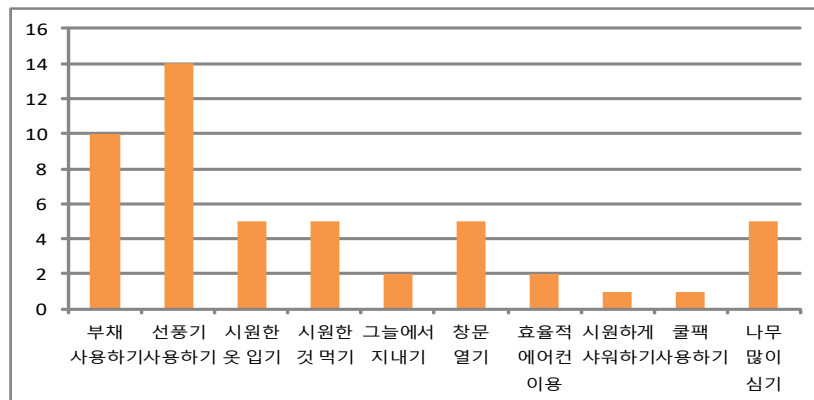
첫 번째 시간에서는 유추적 문제해결을 위한 표적문제와 바탕문제를 이해하고 이러한 바탕문제로부터 표적문제로의 유추적 전이와 에너지문제 해결책을 찾는 과정을 진행하였다. 먼저 표적문제로서 수송, 난방, 냉방과 관련된 에너지문제를 제시하였다. 이 단계에서는 학생들로 하여금 사전에 알고 있는 표적문제에 대한 해결책을 활동지에 적성하도록 하여 학생들의 표적문제에 대한 사전 이해도와 교육 프로그램 전후 해결책을 서로 비교하고자 하였다. 그 결과, 30명의 연구참여자들 중 10%에 해당하는 3명을 제외하고 대부분의 학생들이 표적문제에 대하여 이미 알고 있는 해결책들을 성공적으로 작성하였다. 수송에너지에 대한 해결책에 있어서는 대중교통 이용하기가 과반수 이상을 차지했고, 난방에너지와 관련해서는 옷을 껴입거나 두껍게 입는 것이 주요 해결책으로 제시되었다. 또한 냉방에너지에 대한 해결책에 있어서는 부채나 선풍기를 이용하는 것이 높은 비중을 차지하였다.



<그림 4-2> 연구참여자들의 표적문제 해결에 대한 사전 이해도 평가 결과(수송에너지 분야)



<그림 4-3> 연구참여자들의 표적문제 해결에 대한 사전 이해도 평가 결과(난방에너지 분야)



<그림 4-4> 연구참여자들의 표적문제 해결에 대한 사전 이해도 평가 결과(냉방에너지 분야)

그 다음 단계로 각 표적문제에 해당하는 바탕문제로 북극제비갈매기, 펭귄, 도쿄투칸의 에너지 이용 사례를 설명하였다. 그리고 이러한 새들의 에너지 관련 문제점과 표적문제에 해당하는 사람들의 에너지문제와의 유사점을 찾도록 안내하였다. 그 결과, 북극제비갈매기와 펭귄의 사례에서는 과반수에 가까운 47%의 연구참여 학생들이 유사성을 찾는 데 성공한 반면에 도쿄투칸의 사례에서는 과반수를 넘는 53%의 연구참여 학생들이 유사성을 성공적으로 찾았다. 마지막 단계로 사람들과 새들 사이의 에너지문제 유사성을 바탕으로 새들의 에너지문제 해결책으로부터 사람들의

에너지문제 해결책을 찾는 과정을 진행하였다. 그 결과 세 가지 표적문제에 대한 에너지문제 해결책을 찾은 학생들은 전체 학생들의 20~30%에 해당하여 과반수에 미치지 못하였다. 하지만 유사성을 성공적으로 찾은 학생들 중 40~50%에 해당하는 학생들이 성공적으로 문제해결책을 찾았다. 문제해결책을 찾은 학생들 중 남학생에 비하여 여학생이 2~6배 이상 많아서 여학생들의 유추적 문제해결 능력이 더욱 우수한 것으로 나타났다(<표 4-1> 참조).

<표 4-1> 유추적 문제해결 교육 프로그램 활동결과

구 분		사전지식 평가		유사성 찾기		문제해결책 찾기		
표적문제	바탕문제	성공	실패	성공	실패	성공	실패	
수송에너지	북극제비 갈매기	남학생	13	1	5	9	2	12
		여학생	16	0	9	7	6	10
		합계	29	1	14	16	8	22
난방에너지	펭귄	남학생	11	3	6	8	2	12
		여학생	16	0	8	8	4	12
		합계	27	3	14	16	6	24
냉방에너지	토코투칸	남학생	13	1	7	7	1	13
		여학생	16	0	9	7	6	10
		합계	29	1	16	14	7	23

이어서 집단 면접과 추가 조사를 통하여 학습자들이 유사한 요소들 사이의 대응과정을 통하여 에너지문제 해결책을 도출하는 과정을 좀 더 세부적으로 질문하였다. 이 유추적 에너지문제 해결 교육프로그램에서는 유추적 사고를 활용하기 에 앞서 에너지의 과다 이용으로 인한 대기오염, 기후변화, 방사성 폐기물과 같은 심각한 에너지문제를 소개하였는데 이렇게 심각하게 된 원인을 묻는 질문에 대하여 아래와 같이 사람들 자신의 이익을 위하여 에너지를 무분별하게 낭비하기 때문이라는 의견들을

보였다. 즉, 아래와 같이 에너지문제가 심각하게 된 원인을 기술의 이용이나 제도적인 측면처럼 사람의 외적인 분야에서 찾는 것이 아니라 사람 자체의 문제로 생각하고 있다는 것을 알 수 있었다.

교사 : 오늘날 우리들의 에너지문제가 심각하다고 생각하나요?

학생A : 네, 그래서 지구온난화가 일어납니다.

교사 : 그럼 그렇게 에너지문제가 심각하게 된 원인은 무엇이라고 생각하나요?

학생A : 사람들이 개발만을 목적으로 자원을 많이 쓰기 때문입니다.

새들의 에너지 이용과 관련하여서는 새들에게 주어진 외부환경 내에서 에너지를 효율적으로 이용한다는 의견들을 보였다. 이 연구에서는 1차시에 북극제비갈매기, 펭귄, 토코투칸 등의 새들의 에너지이용방법을 소개하였는데 초등학생 교과 수준에 맞게 과학적 원리에 대한 설명은 생략하였다. 따라서 에너지를 효율적으로 이용한다는 개념은 에너지를 많이 쓰지 않는다는 의미로 국한하여 진행하였다. 이에 대하여 한 학습자는 아래와 같이 새들의 효율적 에너지 측면을 외부에서 공급되는 에너지를 쓰지 않고 스스로 에너지를 만들어낸다는 의미로 이해하고 있어 분산형 에너지의 이용에 대한 개념이 적용 가능함을 알 수 있었다.

교사 : 새들이 에너지를 효율적으로 이용한다고 생각하나요?

학생A : 네.

교사 : 그럼 새들이 그렇게 에너지를 효율적으로 이용할 수 있는 원리는 무엇이라고 생각하나요?

학생A : 사람들처럼 에너지나 전기를 쓰지 않고 자신의 힘으로 만들어내니까 효율적으로 쓰는 것 같습니다.

특히 새들의 에너지문제 해결책으로부터 우리가 겪고 있는 에너지문

제에 대한 해결책을 성공적으로 도출한 학습자들에 대한 질문을 여러 가지 의미 있는 결과들을 확인할 수 있었다. 첫 번째로 이번에 도출된 해결책은 과거에 생각해보지 못한 새로운 해결책임을 알 수 있었다. 과거에는 전혀 생각해보지 못했지만 새들의 에너지절약 방법으로부터 우리가 겪고 있는 에너지문제들에 대한 새로운 해결책을 생각해낼 수 있었다. 반면에 그러한 해결책이 실제 현실에서 가능할지 여부에 대해서는 교수의 도움이 필요하다는 것도 알 수 있었다. 아래 면접의 내용에서 볼 수 있듯이 학습자가 자신이 도출한 해결책이 현실 생활이나 향후 미래에 적용가능할지에 대하여 확신을 가지는 것은 어렵다는 사실을 알 수 있었다. 북극제비갈매기로부터 바람의 방향에 따라 비행기를 가게 하는 것을 해결책이라고 이야기하였지만 실제로 가능하냐는 질문에는 확신 있는 대답을 하지 못하였다. 하지만 실제로 비행기가 날아가면서 실시간으로 바람의 방향을 모니터링하여 에너지를 절약할 수 있는 최적의 항로를 결정하는 기술이 개발되고 있는데 이러한 기술개발 동향을 학습자가 미리 알 수 없으므로 이러한 해결책의 실용성 측면에서는 교사의 도움이 필요할 것이다.

교사 : 북극제비갈매기 이야기를 듣고 바람의 방향에 따라 비행기가 간다고 했는데 혹시 이런 생각을 이전에 해본 적이 있나요?

학생A : 아니요 오늘 수업 시간에 처음 생각했어요.

교사 : 북극제비갈매기로부터 찾은 해결책이 현실적으로 가능할 거라고 생각하나요?

학생A : 아니요. 가능하지 않을 거 같아요.

교사 : 하지만 지금 북극제비갈매기처럼 실시간으로 바람의 방향을 찾아 비행기의 항로에 적용하여 연료 소비를 줄이려고 하는 방법들이 연구되고 있어요.

또한 이렇게 새들로부터 에너지문제의 해결책을 찾는 과정이 구조적 유사성에 의해 가능하다는 결과도 얻을 수 있었다. 펭귄으로부터 찾은 에너지

문제 해결책의 경우 대부분 오리 옷에 공기를 채워 따뜻하게 한다는 의견이 많았다. 즉 펭귄의 깃털과 사람의 옷 사이의 기능적 유사성을 찾아낸 것이다. 이 중에 한 학습자는 아래와 같이 펭귄의 깃털과 건물의 벽 사이의 유사성을 찾아내어 가장 멀리 떨어진 구조적 유사성을 찾아내기도 하였다. 실제로 표적문제와 바탕문제 해결책 사이에 유사성의 거리가 멀면 멀수록 더 우수한 창의성을 갖는다고 말할 수 있다.

교사 : ‘펭귄으로부터 건물벽 사이에 공기를 넣어 건물을 따뜻하게 한다’는 해결책을 찾았는데 혹시 이런 생각을 이전에 해본 적이 있나요?

학생B : 아니요 오늘 수업시간에 처음 했어요.

새들로부터 찾은 에너지문제 해결책의 논리성과 관련해서는 학습자들이 생각의 반복을 통하여 더욱 논리적인 해결책을 얻을 수 있다는 사실을 확인할 수 있었다. 아래의 예에서 볼 수 있듯이 학습자는 유추적 대응으로부터 표적문제에 대한 새로운 해결책을 생성하게 되는데 초기 단계에서는 이러한 해결책의 논리성이 부족한 경우가 많다는 것이다. 하지만 시간을 두고 다시 생각을 반복하여 좀 더 정교한 해결책을 얻을 수 있다. 아래의 첫 번째 학습자의 경우 도쿄투칸으로부터 찾은 해결책의 경의 열을 빼낼 수 있는 장치를 만드는 것이라고 대답하였는데 시간을 주고 좀 더 구체적인 개념을 도출하려고 하였으나 성공하지 못하였다. 반면에 다른 학생의 경우 로봇을 이용하여 더위를 이기는 방법을 생각해내었는데 다시 생각을 통하여 로봇의 수트처럼 열을 빼낼 수 있는 옷을 만드는 방법을 생각해내어 좀 더 정교한 해결책을 도출할 수 있었다.

교사 : 도쿄투칸으로부터 찾은 해결책이 열을 빼낼 수 있는 장치를 만드는 것이라고 했는데 이러한 장치가 구체적으로 무엇인가요?

학생C : 잘 모르겠어요.

교사 : 어떤 장치를 만들면 열을 잘 빼낼 수 있을 거 같아요?

학생C : 네 그래요

교사 : 토코투칸으로부터 배운 해결책의 경우 로봇으로 만들어 더위를 못 들어가게 할 것이라고 썼는데 이 말은 무슨 뜻인가요?

학생D : 아 그건 로봇과 같은 수트를 만들어 안의 열을 밖으로 나가게 한다는 뜻이에요.

한편, 새들과 사람의 에너지문제에 대한 유사성 찾기와 관련하여서는 학습자들이 공통되는 요소를 찾아 서술하거나 유사하다고 생각하는 문제를 사람들 또는 새들의 문제 그대로 서술하는 모습을 보였다. 이러한 두 경우를 비교할 때 새들과 사람의 에너지문제 사이의 유사한 요소를 찾은 학습자는 이후에 도출한 해결책도 구조적 유사성을 잘 보인 반면에 사람 또는 새들의 문제를 그대로 서술한 학습자는 아래와 같이 해결책을 찾는 데 어려움을 느꼈다. 학습자 중 한 명은 유사성 찾기를 성공하지 못하고 바로 해결책을 생성하기도 하였는데 그러한 해결책은 매우 표면적 유사성에 근거하여 도출한 해결책으로 볼 수 있었다. 따라서 에너지문제 해결책을 찾는 데 있어 유사성 대응이 가장 주된 활동임을 알 수 있었다.

교사 : 우리들의 에너지문제 해결책에 대해서는 잘 쓰고 우리들의 에너지문제와 새들의 에너지문제의 유사점도 잘 썼는데 새들로부터 에너지문제 해결책을 찾는 것은 쓰지 못했네요. 너무 어려웠어요?

학생E : 예 너무 어려웠어요.

교사 : 우리와 새들의 에너지문제 사이의 유사점을 찾지 못했는데 어떻게 에너지문제 해결책을 찾았어요?

학생F : 네 잘 모르겠어요. 그냥 찾았어요.

유추적 에너지문제 해결과정은 새로운 에너지문제 해결책을 찾는 것이지만 이와 동시에 문제해결의 원리를 이해하는 것 또한 중요하다고 할 수 있다. 이번 연구를 통하여 학습자들이 유추적 에너지문제 해결과정에서 다

양하게 문제해결의 원리를 고민하는 것을 볼 수 있었다. 특별히 아래에서 볼 수 있듯이 펭귄의 에너지문제 해결책으로부터 공기층의 단열효과에 대한 다양한 아이디어가 제시되었고 이 연구에서 소개된 사례가 아닌 다른 에너지문제 해결책에 대한 토의도 진행되었다. 또한 표적문제에 대하여 이미 알고 있던 해결책에 대하여 새들의 사례를 통하여 그 원리를 이해하고 좀 더 발전시키는 사례도 얻을 수 있었다.

학생G : 비행기 창문을 보면 그 사이에 공기층이 있어요. 그것도 같은 이유 인가요?

교사 : 네 맞아요

학생H : 여름에 가게에서 문을 열어놓고 그 밑에 공기를 썰서 공기 문을 만드는데 그것도 같은 이유인가요?

교사 : 글썄요 정확한 내용은 모르겠어요.

학생I : 펭귄이 추위를 이기는 방법은 깃털에 공기를 가두어두는 방법뿐만 아니라 같이 모여 있어 추위를 이기는 방법도 있어요.

교사 : 맞아요. 펭귄이 추위를 이기는 방법은 깃털에 공기를 가두어두는 방법뿐만 아니라 같이 모여서 추위를 이기는 방법도 있고, 또 피부에 지방을 저장하여 추위를 이기는 방법이 있어요.

교사 : 펭귄으로부터 찾은 해결책의 경우 처음 우리들의 에너지문제 해결책을 쓴 내용과 유사하던데 혹시 똑같이 베낀 건가요?

학생J : 아니요. 처음 우리들의 문제해결책을 그대로 쓴 건 아니에요. 펭귄의 이야기를 듣고 생각해서 썼어요.

한편, 아래와 같이 사람들과 새들의 에너지문제 사이에 유사성은 있지만 실제로 새들로부터 사람들의 에너지문제 해결책을 찾는 것은 어렵다는 의견도 있었다. 다시 말하면, 사람들과 새들의 몸의 조건이 서로 다르기 때문

에 새들의 효율적 에너지이용방법을 그대로 사람에게 적용하는 것은 불가능하다는 의견이다. 이러한 의견은 Glynn(1996)의 TWA모형에서 제시하는 유추교수법과 유사한 측면이 있다. 위 TWA모형에서는 처음에 바탕물의 특징을 통하여 표적물의 특징을 이해하고 이어서 표적물과 바탕물 사이의 차이점들을 파악하도록 한 후 마지막에 표적물에 대한 결론에 도달하게 된다. 이러한 TWA모형을 볼 때, 단순히 사람들과 새들의 몸의 조건이 다르기 때문에 해결책을 찾기 어렵다고 결론을 맺는 것이 아니라 사람들과 새들의 유사점과 차이점을 각각 제시한 후에 유사점을 바탕으로 에너지문제 해결책을 찾도록 한다면 유추적 사고를 통하여 에너지문제 해결책을 찾는 과정이 더욱 효과적일 것이다.

교사 : 새들로부터 사람들의 에너지문제를 해결할 수 있는 방법을 배울 수 있다고 생각하나요?

학생A : 아니요. 새들은 자신의 몸에서 (충분한) 조건을 갖고 있는데 사람은 새들과 몸이 다르니까 못 배워요.

마지막으로 새들의 에너지 이용방법을 일상생활 속에 실제로 적용하는 측면에 대해서는 아래와 같이 긍정적인 의견이 있었지만 이어서 실제 사례를 묻는 질문에 대해서는 모호한 대답을 하고 있어 유추적 사고를 통하여 얻은 에너지문제 해결책을 실제 생활에 적용하기 위해서는 별도의 적용 노력이 필요할 것이다.

교사 : 우리 생활에서 에너지를 이용할 때 새들의 에너지 이용방법이 실제로 도움이 된다고 생각하나요?

학생A : 네.

교사 : 그럼 새들의 에너지 이용방법이 생활에 도움이 되는 사례에는 어떤 것이 있을까요?

학생A : 북극제비갈매기가 이용한 방법이 도움이 된다고 생각합니다.

이상의 집단 면접과 추가 조사를 통하여 이 연구에서 현상(Phenomenon)으로 정의한 에너지문제 해결에 대하여 유사한 요소 간의 대응활동이 전략적 작용/상호작용(Strategic Action/Interaction)이 됨을 알 수 있었다. 이러한 활동으로부터 도출한 해결책(Consequences)들에 대하여 이야기해 본 결과 학습자들이 이전에 생각해보지 못한 새로운 해결책임을 알 수 있었고 교사와의 대화를 통해 실용성과 논리성을 향상시킬 수 있었다. 또한 유추적 에너지문제 해결을 위한 활동지에 서술된 내용을 보면 유사성 찾기 활동을 위한 생각의 반복과 해결책 도출을 위한 생각의 반복 등 크게 두 가지 생각의 반복 과정(Loop)이 필요함도 알 수 있었다.

제 2 절 유추적 에너지문제 해결 과정 자료 분석

이 연구에서는 연구 참여 학생들이 작성한 유추적 에너지문제 해결 활동과정, 활동지 기록내용, 집단 면접 및 추가 조사 내용에 대한 코딩 작업을 진행하였다. 먼저, 개방 코딩(Open coding)에서는 학생들이 작성한 유추적 에너지문제 해결 활동지 기록내용에 근거하여 공통적이 개념들에 대한 범주화 작업을 진행하였다. 이어서 축 코딩(Axial Coding)에서는 각 범주화된 유추적 에너지문제 해결 활동 자료들의 속성에 근거하여 서로 간의 인과관계를 밝히고 이러한 관계들을 바탕으로 인과 조건, 중재 조건, 현상, 전략적 작용/상호작용, 맥락 조건, 결과 등 하나의 패러다임을 구성하기 위한 기본 요소들을 찾아내었다. 마지막으로 선택 코딩에서는 축 코딩의 결과로 찾아낸 패러다임 구성요소들을 유추적 문제해결이라는 하나의 구조에 통합하여 유추적 에너지문제 해결 과정에 대한 하나의 이야기 윤곽을 만들었다(<표 4-2> 참조) 그리고 이러한 개방 코딩, 축 코딩, 선택 코딩 결과의 신뢰성을 높이기 위하여 환경교육 전공 박사 학위를 받은 교사 1인과 석사 학위를 받은 교사 1인의 검토를 받아 미흡한 부분을 수정하였다.

<표 4-2> 유추적 에너지문제 해결 학습모델 개발을 위한 코딩 내용

구 분	내 용
개방코딩	<ul style="list-style-type: none"> 유추적 에너지문제 해결과정을 각 단계 별로 범주화하고 이에 대한 이름을 부여함 유추적 에너지문제 해결과정의 각 단계 별로 특징들을 정리하고 하위 범주들을 구성함

구 분	내 용
축 코딩	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 창의적이고 실제적인 에너지문제 해결을 현상으로 정의하고 이에 따른 에너지문제 해결책을 그 결과로 정의함 ◆ 표적문제와 바탕문제의 이해를 핵심 현상에 영향을 주는 인과 조건으로 정의하고 해당 내용들을 범주화 : 이용가능 에너지, 에너지 이용활동, 에너지 이용기술 등 ◆ 표적문제와 바탕문제의 유사한 구성요소들 사이의 유추적 전이를 현상에 대한 전략적 작용/상호작용으로 정의함 ◆ 표적문제와 바탕문제의 구성요소들 사이의 유사성 이해를 중심 현상에 대한 전략적 작용/상호작용에 영향을 주는 맥락 조건으로 정의함 ◆ 표적문제와 바탕문제의 유사한 구성요소들 사이의 유추적 전이로 인한 최종 산물인 에너지문제 해결책을 축 코딩의 결과로 정의함
선택 코딩	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 중심 현상, 인과 조건, 중재 조건, 맥락 조건, 전략적 작용/상호작용, 결과 등의 각 범주들 사이의 인과관계를 정립하여 유추적 에너지문제 해결 과정이라는 한 편의 이야기운곽을 형성

1. 개방 코딩

개방 코딩(Open Coding)에서는 연구자가 관심을 갖고 있는 현상에 대하여 수집된 자료를 다시 조각조각 나누어 면밀히 조사하고 서로 간의 유사점과 차이점을 비교하는 작업을 수행하게 된다(Strauss & Corbin, 1998). 이를 위하여 이 연구에서는 먼저 유추적 에너지문제 해결 교육 프로그램에서 소개된 사람들의 에너지문제의 심각성에 대한 참여자들의 의견들을 범주화하였다. 이 교육 프로그램에서는 수송, 난방, 냉방에너지

의 세 분야에 대한 에너지문제가 소개되었는데 이러한 에너지문제는 대기오염, 기후변화, 방사성 폐기물로 요약할 수 있었다. 그리고 이러한 세 가지 에너지문제들에 대하여 그 심각성 여부와 그렇게 심각하게 된 원인들에 어떻게 생각하는지 조사한 결과 아래와 같이 편리 추구, 인식 부족, 실천 부족 등으로 범주화할 수 있었다(<표 4-3> 참조).

<표 4-3> 사람들의 에너지문제 원인 범주화

사람들의 에너지문제 원인	하위 범주	범주
사람들이 개발만을 목적으로 자원을 마구쓰기 때문이다.	사람들의 편리를 위하여 에너지를 이용	편리 추구
대중교통 대신에 자가용 자동차를 이용하는 사람들이 늘기 때문이다.	에너지 낭비에 대한 인식을 못함	인식 부족
자신과 상관없다는 생각으로 에너지를 함부로 쓰기 때문이다.	에너지 절약에 대한 인식과 실천의 부조화	실천 부족

이어서 사람들의 에너지문제 해결에 대한 사전지식을 적은 결과를 가지고 공통 개념들을 찾는 작업을 진행하였다. 그리고 이러한 사전지식 내용들을 연구 참여 학생들이 사람들의 에너지문제들을 어떻게 이해하고 있는지에 대한 근거 자료들로 사용하였다. 한 예로 연구 참여 학생들은 수송에너지와 관련하여 대중교통 이용, 친환경 자동차 이용, 차량2부제 실시 등을 제시하였는데 이를 통하여 사람들의 에너지문제를 행동, 제도, 기술의 문제점으로 범주화할 수 있었다(<표 4-4> 참조).

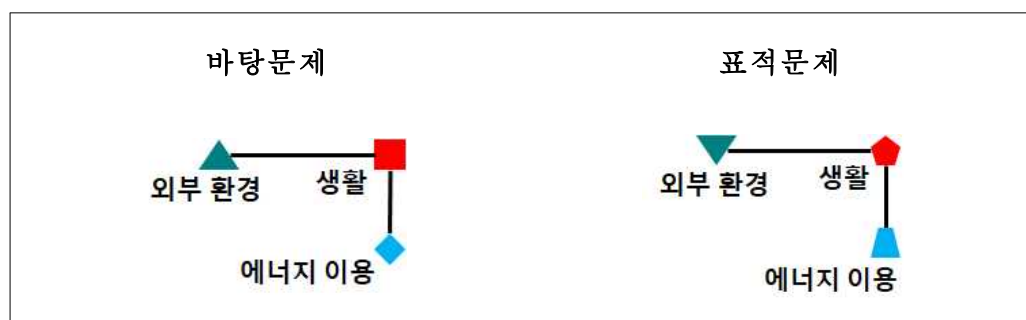
<표 4-4> 에너지문제 해결에 대한 사전지식 범주화

에너지문제 해결에 대한 사전지식	하위 범주	범주
수송에너지		
먼 거리는 자동차 대신 대중교통을 이용한다	대중교통 이용	행동 변화 ²²⁾
가까운 거리는 자전거를 타고 간다	무동력 이동수단 이용	
가까운 거리는 걸어간다		
친환경 자동차를 탄다	친환경 자동차 이용	대안 기술
미세먼지 많은 날 차량2부제에 참여한다	차량2부제 시행	제도 시행
나무를 많이 심어 대기오염을 막는다	나무 많이 심기	대안 기술
난방에너지		
옷을 여러 겹 껴입는다	보온효과 강화	행동 변화
몸을 따뜻하게 하는 내복을 입는다		
난방 보일러 대신 두꺼운 옷을 입는다		
이불을 덮고 잔다	효율적 보일러 이용	대안 기술
화석연료를 덜 소비하는 난방보일러를 사용한다		
보일러 대신 핫팩을 이용한다	핫팩 이용	
나무로 불을 피운다	화목 난방	
냉방에너지		

22) 이 연구에서 행동 변화는 에너지 절약 행동과 같이 기존에 필요에 의해 사용하던 에너지를 절약 노력을 통하여 아껴 사용하는 행동을 의미한다. 반면에 대안 기술의 이용은 고효율 에너지 기술과 같이 기존에 필요에 의해 사용하던 에너지를 계속 사용하되 효율이 높거나 환경오염이 적은 기술을 이용하여 에너지 이용에 따른 영향을 줄이는 것을 의미한다.

에너지문제 해결에 대한 사전지식	하위 범주	범주
에어컨 대신 부채를 사용한다	에너지절약 기구 이용	
전기가 적게 드는 선풍기를 사용한다		
덥지 않으면 에어컨을 켜지 않거나 온도를 조절한다		
바람이 잘 드는 옷을 입는다		
시원한 음식과 음료를 먹는다	시원한 매체 이용	행동 변화
그늘에서 지낸다		
많이 덥지 않으면 창문을 연다		
시원한 물로 샤워한다	쿨팩 이용	대안 기술
쿨팩을 사용한다		
나무를 많이 심어 CO ₂ 를 줄인다		

또한, 사람과 새들의 에너지문제 사이의 유사성을 찾는 데 있어서는 연구 참여 학생들의 작성 내용을 검토한 결과 그 유사성을 외부환경, 생활, 에너지 이용이라는 세 가지 구성요소로 구분하였다(<그림 4-5> 참조).



(출처 : Duit, 1991, 재구성)

<그림 4-5> 유사성 찾기 단계의 표적문제 및 바탕문제 구조화

그리고 유사성과 관련된 공통된 개념들을 외부환경, 생활, 에너지이용의 세 가지 구성요소의 조합으로 나타내었다. 예를 들면, 수송에너지의 에너지문제와 관련된 공통된 개념으로 ‘먼 거리를 이동할 때 에너지를 많이 쓴다’가 있는데 이는 외부환경, 생활, 에너지 이용을 세 가지 요소가 다 포함된 반면에 ‘먼 거리를 이동한다’라는 공통된 개념에는 외부환경과 생활이라는 두 가지 요소만 포함되어 있다(<표 4-5> 참조).

<표 4-5> 사람들과 새들의 에너지문제 사이의 유사성 찾기 결과 범주화

사람과 새들의 에너지문제 사이의 유사성 찾기	하위 범주	범주
수송에너지		
이동 에너지	에너지 이용	국소적 대응
먼 거리를 이동한다	외부환경 + 생활	부분적 대응
먼 거리를 이동할 때 에너지를 많이 쓴다	외부환경 + 생활 + 에너지 이용	일대일 대응
난방에너지		
추운 곳에 있다	외부환경	국소적 대응
추위에 따뜻하게 지낸다	외부환경 + 생활	부분적 대응
추위를 버티기 위해 에너지를 많이 쓴다	외부환경 + 생활 + 에너지 이용	일대일 대응
냉방에너지		
더운 곳에 있다	외부환경	국소적 대응
더위에 따뜻하게 지낸다	외부환경 + 생활	부분적 대응
더위를 버티기 위해 에너지를 많이 쓴다	외부환경 + 생활 + 에너지 이용	일대일 대응

다음에는 연구 참여 학생들이 작성한 사람들의 에너지문제 해결책으로부터 실제적으로 새들의 에너지문제 해결책의 원리를 올바르게 이해하였

는지 살펴보았다. 수송에너지 분야에서의 에너지문제 해결의 경우, ‘비행기를 바람의 방향대로 난다’는 해결책이 있었는데 여기에는 북극제비갈매기가 계절에 따른 바람의 방향으로 이동경로를 정하여 날아감으로써 힘을 덜 들고 지구 한 바퀴를 도는 원리가 반영되어 있다. 또한 난방에너지 분야의 경우 ‘잠바에 공기층을 만들어 따뜻한 온도가 밖으로 새어나가지 않게 한다’는 해결책이 있었는데 여기에는 펭귄의 깃털 안의 작은 공간에 공기를 모아 극한 추위 속에서도 차가운 온도가 몸속으로 전달되지 않는 원리를 반영하고 있다. 마지막으로 냉방에너지 분야의 경우 ‘많아진 열을 부리로 내보내는 것처럼 우리도 뜨거운 열을 효율적으로 내보낼 수 있는 방법을 찾아본다’는 해결책이 있었는데 여기에는 토코투칸이 큰 부리를 이용하여 몸의 열을 밖으로 내보내어 열대우림의 더위 속에서도 체온을 조절하는 원리를 반영하고 있다. 따라서 연구 참여 학생들이 작성한 사람들의 에너지문제 해결책으로부터 새들의 에너지문제 해결책을 얼마나 잘 이해하였는지 살펴볼 수 있었다(<표 4-6> 참조).

<표 4-6> 새들의 에너지문제 해결책에 대한 이해 범주화

새들의 에너지문제 해결책에 대한 이해	하위 범주	범주
수송에너지		
비행기를 바람의 방향대로 난다	풍향을 고려한 풍력 이용	원리 이해 성공
에너지를 사용 안 하면 된다	에너지 절약	원리 이해 실패
난방에너지		
잠바에 공기층을 만들어 따뜻한 온도가 밖으로 새어나가지 않게 한다	공기층의 단열효과 이용	원리 이해 성공
이불을 덮거나 두꺼운 옷을 입는다	보온효과 강화	원리 이해 실패
냉방에너지		

새들의 에너지문제 해결책에 대한 이해	하위 범주	범주
많아진 열을 부리로 내보내는 것처럼 우리도 뜨거운 열을 효율적으로 내보낼 수 있는 방법을 찾아본다	열교환 효과 이용	원리 이해 성공
수동 선풍기를 켜다	에너지 절약 기구 이용	원리 이해 실패

이번에는 연구 참여 학생들이 도출한 사람들의 에너지문제 해결책들에 대한 범주화를 시도하였다. 수송에너지의 경우 바람을 타고 날아가는 비행기, 바람을 타고 갈 수 있는 이동수단, 태양열 에너지를 이용하는 자동차 등으로 하위범주를 만들 수 있고 이러한 하위범주들의 공통점들을 바탕으로 다시 크게 이용하는 에너지 측면에서 풍력 에너지와 태양열 에너지의 범주로 나누었다. 또한, 난방에너지의 경우 공기층이 있는 옷, 벽 사이에 공기층이 있는 집 등으로 하위범주를 만들 수 있고 이러한 하위범주들의 공통점들을 바탕으로 관련 기술을 적용하는 대상을 고려하여 보온성능을 갖춘 옷, 단열성능을 갖춘 주택의 범주로 나누었다. 마지막으로 냉방에너지의 경우 열을 방출하는 옷, 열을 방출하는 장치, 열을 방출하는 기능을 갖춘 집 등으로 하위범주를 만들 수 있고 이러한 하위범주들의 공통점들을 바탕으로 관련 기술을 적용하는 대상을 고려하여 자연 온도조절 기능을 갖춘 장치, 자연 온도조절 기능을 갖춘 집의 범주로 나누었다(<표 4-7> 참조).

<표 4-7> 새들의 에너지문제 해결책으로부터 사람의 에너지문제 해결책 찾기 결과 범주화

새들의 에너지문제 해결책으로부터 사람의 에너지문제 해결책 찾기	하위 범주	범주
수송에너지		

새들의 에너지문제 해결책으로부터 사람의 에너지문제 해결책 찾기	하위 범주	범주
비행기도 바람을 타고 이동하면 된다	풍력에너지를 이용	재생에너지
바람을 타고 갈 수 있는 이동수단을 만든다	하는 이동수단	
자동차에 태양열 감지기를 두고 에너지를 모은다	태양열 에너지를 이용하는 자동차	
난방에너지		
잠바에 펄권의 깃털과 같이 공기층을 만들어 따뜻한 온도가 밖으로 새어나가지 않게 한다	공기층이 있는 옷	보온성능을 갖춘 옷
집을 지을 때 벽 사이에 공기가 있게 하면 밖 온도가 잘 전달이 되지 않을까?	벽 사이에 공기층이 있는 집	단열성능을 갖춘 주택
냉방에너지		
열을 방출하는 옷을 만든다		자연 온도조절
많아진 열을 부리로 내보내는 것처럼 우리도 뜨거운 열을 효율적으로 내보낼 수 있는 방법을 찾아본다	열을 방출하는 장치	기능을 갖춘 장치
토코투칸 같이 우리도 우리집이나 살림에 열을 빼는 재질, 기술을 만들어서 에어컨을 쓰지 않아도 된다	열을 방출하는 기능을 갖춘 집	자연 온도조절 기능을 갖춘 집

마지막으로 연구 참여 학생들이 에너지문제 해결책을 적절하게 도출하였는지 질적 측면에서 범주화를 수행하였다. 먼저 ‘로봇으로 만들어 더위를 못 느끼게 한다’고 해결책을 제시한 학습자의 경우 실제 의도한 해결책을 논리적으로 표현하지 못한 점이 면접을 통하여 발견됐다. 또한

‘열을 빼낼 수 있는 장치를 만든다’고 해결책을 제시한 학습자는 구체성이 부족한 것으로 나타났다. 이 두 가지 내용들을 합쳐 ‘에너지문제 해결책 완성도 향상’이라는 공통 범주로 묶을 수 있었다. 한편, ‘바람의 방향에 따라 비행기기 간다’라고 해결책을 제시한 학습자의 경우에는 실제 그러한 기술이 가능함에도 불구하고 명확한 답변을 하지 못하였고, ‘펭귄들처럼 난방 대신 자켓을 입는다’고 해결책을 제시한 학습자는 이미 알고 있는 해결책과 동일한 해결책을 제시하는 오류를 범하였다. 따라서 이 두 가지 내용들을 합쳐 ‘에너지문제 해결책 정교화하기’라는 공통 범주로 묶을 수 있었다(<표 4-8> 참조).

<표 4-8> 사람들의 에너지문제 해결책 도출 결과 범주화

사람들의 에너지문제 해결책	하위 범주	범주
로봇으로 만들어 더위를 못 느끼게 한다	문제 해결책 논리성 부족	에너지문제 해결책 완성도 향상 필요
열을 빼낼 수 있는 장치를 만든다	문제 해결책 구체성 부족	
바람의 방향에 따라 비행기기 간다	문제 해결책 실용성 부족	에너지문제 해결책 정교화 필요
펭귄들처럼 난방 대신 자켓을 입는다	문제 해결책 창의성 부족	

이상의 유추적 사고를 통해 에너지문제 해결책을 도출하는 과정과 관련하여 수집된 자료들에 대한 개방코딩 결과, 아래 표와 같이 54개 개념과 35개 하위범주, 18개의 범주로 정리할 수 있었다.

<표 4-9> 유추적 에너지문제 해결과정에 대한 개방코딩 결과종합

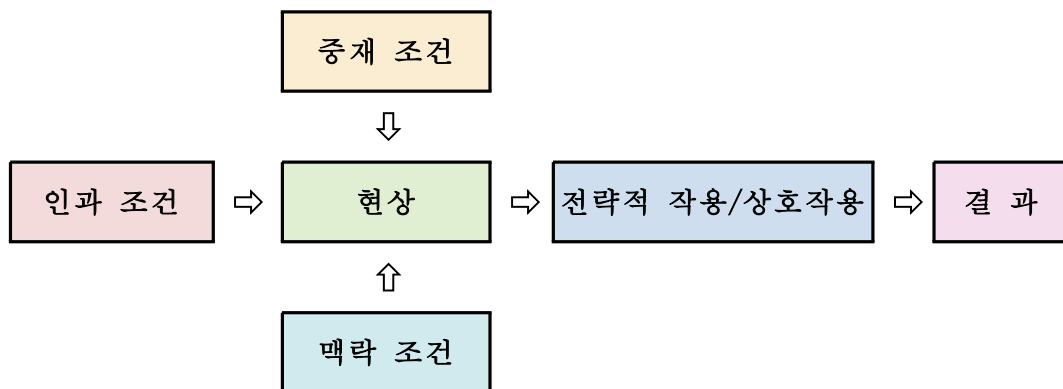
개 념		하위 범주	범주
사람들의 에너지문제 원인			
	사람들이 개발만을 목적으로 자원을 마구쓰기 때문이다.	사람들의 편리를 위하여 에너지를 이용	편리 추구
	대중교통 대신에 자가용 자동차를 이용하는 사람들이 늘기 때문이다.		
	자신과 상관없다는 생각으로 에너지를 함부로 쓰기 때문이다.	에너지 낭비에 대한 인식을 못함	인식 부족
	심각하다고는 생각만 하고 실천을 안 하기 때문이다.	에너지 절약에 대한 인식과 실천의 부조화	실천 부족
에너지문제 해결에 대한 사전지식			
수송 에너지	먼 거리는 자동차 대신 대중교통을 이용한다	대중교통 이용	행동 변화
	가까운 거리는 자전거를 타고 간다	무동력 이동수단 이용	
	가까운 거리는 걸어간다		
	친환경 자동차를 탄다	친환경 자동차 이용	대안 기술
	나무를 많이 심어 대기오염을 막는다	나무 많이 심기	
	미세먼지 많은 날 차량2부제에 참여한다	차량2부제 시행	
난방 에너지	옷을 여러 겹 껴입는다		행동 변화
	몸을 따뜻하게 하는 내복을 입는다	보온효과 강화	
	난방 보일러 대신 두꺼운 옷을 입는다		
	이불을 덮고 잔다		대안 기술
	화석연료를 덜 소비하는 난방보일러를 사용한다	효율적 보일러 이용	
	보일러 대신 핫팩을 이용한다	핫팩 이용	
냉방 에너지	나무로 불을 피운다	화목 난방	
	에어컨 대신 부채를 사용한다		
	전기가 적게 드는 선풍기를 사용한다	에너지절약 기구 이용	
	덥지 않으면 에어컨을 켜지 않거나 온도를 조절한다		행동 변화
	바람이 잘 드는 옷을 입는다		
	시원한 음식과 음료를 먹는다		
	그늘에서 지낸다	시원한 매체 이용	대안 기술
	많이 덥지 않으면 창문을 연다		
	시원한 물로 샤워한다		
쿨팩을 사용한다	쿨팩 이용	대안 기술	
나무를 많이 심어 CO ₂ 를 줄인다	나무 많이 심기		
사람과 새들의 에너지문제 사이의 유사성 찾기			

	개 념	하위 범주	범주
수송 에너지	이동 에너지	에너지 이용	국소적 대응
	먼 거리를 이동한다	외부환경 + 생활	부분적 대응
	먼 거리를 이동할 때 에너지를 많이 쓴다	외부환경 + 생활 + 에너지 이용	일대일 대응
난방 에너지	추운 곳에 있다	외부환경	국소적 대응
	추위에 따뜻하게 지낸다	외부환경 + 생활	부분적 대응
	추위를 버티기 위해 에너지를 많이 쓴다	외부환경 + 생활 + 에너지 이용	일대일 대응
냉방 에너지	더운 곳에 있다	외부환경	국소적 대응
	더위에 따뜻하게 지낸다	외부환경 + 생활	부분적 대응
	더위를 버티기 위해 에너지를 많이 쓴다	외부환경 + 생활 + 에너지 이용	일대일 대응
새들의 에너지문제 해결책에 대한 이해			
수송 에너지	비행기를 바람의 방향대로 난다	풍향을 고려한 풍력 이용	원리 이해 성공
	에너지를 사용 안 하면 된다	에너지절약	원리 이해 실패
난방 에너지	잠바에 공기층을 만들어 따뜻한 온도가 밖으로 새어나가지 않게 한다	공기층의 단열효과 이용	원리 이해 성공
	이불을 덮거나 두꺼운 옷을 입는다	보온효과 강화	원리 이해 실패
냉방 에너지	많아진 열을 부리로 내보내는 것처럼 우리도 뜨거운 열을 효율적으로 내보낼 수 있는 방법을 찾아본다	열교환 효과 이용	원리 이해 성공
	수동 선풍기를 쓴다	에너지절약 기구 이용	원리 이해 실패
새들의 에너지문제 해결책으로부터 사람의 에너지문제 해결책 찾기			
수송 에너지	비행기도 바람을 타고 이동하면 된다	풍력에너지를 이용하는 이동수단	재생에너지 이용
	바람을 타고 갈 수 있는 이동수단을 만든다		
	자동차에 태양열 감지기를 두고 에너지를 모은다	태양열 에너지를 이용하는 자동차	
난방 에너지	잠바에 펄권의 깃털과 같이 공기층을 만들어 따뜻한 온도가 밖으로 새어나가지 않게 한다	공기층이 있는 옷	보온성능을 갖춘 옷
	집을 지을 때 벽 사이에 공기가 있게 하면 밖 온도가 잘 전달이 되지 않을까?	벽 사이에 공기층이 있는 집	단열성능을 갖춘 주택
냉방 에너지	열을 방출하는 옷을 만든다		자연 온도조절 기능을 갖춘 장치
	많아진 열을 부리로 내보내는 것처럼 우리도 뜨거운 열을 효율적으로 내보낼 수 있는 방법을 찾아본다	열을 방출하는 장치	
	도코투칸 같이 우리도 우리집이나 살림에 열을 빼는 재질, 기술을 만들어서 에어컨을 쓰지 않아도 된다	열을 방출하는 기능을 갖춘 집	자연 온도조절 기능을 갖춘 집

개 념	하위 범주	범주
사람들의 에너지문제 해결책 평가		
로봇으로 만들어 더위를 못 느끼게 한다	문제 해결책 논리성 부족	완성도 향상 필요
열을 빼낼 수 있는 장치를 만든다	문제 해결책 구체성 부족	
바람의 방향에 따라 비행기기 간다	문제 해결책 실용성 부족	정교화 필요
펭귄들처럼 난방 대신 자켓을 입는다	문제 해결책 창의성 부족	

2. 축 코딩

축 코딩(Axial Coding)에서는 개방 코딩을 통하여 조각조각 나누어진 자료들을 재조합하는 작업을 수행한다. 특별히 축 코딩에서는 개방 코딩에서 여러 가지 개념들로부터 정리된 범주들을 바탕으로 연구참여자들이 핵심적으로 경험하는 하나의 현상(Phenomenon)을 축으로 하여 서로 간의 인과관계에 따라 상호 연결함으로써 하나의 패러다임 모형을 구축한다. 이러한 축 코딩에서는 이러한 현상이 왜, 어디서, 언제, 어떻게 일어나는지, 무슨 결과를 낳았는지를 파악하고 이를 통하여 여러 범주들 사이의 관계를 발견하게 된다(Strauss & Corbin, 1998; Fenwick, Chaboyer, St John, 2012)(<그림 4-6> 참조).



(출처 : Fenwick, Chaboyer, & St John, 2012)

<그림 4-6> 축 코딩에 따른 일반 패러다임 모형

이러한 모형을 구축하기 위하여 먼저 연구 참여 학생들이 핵심적으로 경험하는 하나의 현상(Phenomenon)을 정의하고 이어서 이러한 현상에 영향을 미치는 인과 조건(Casual Condition)과 이러한 인과 조건의 영향을 완화시키거나 변화시키는 중재 조건(Intervening Condition)을 파악하였다. 또한, 특정 시점과 공간에 현상과 관련된 상황이나 문제들에 영향

을 주는 특수 조건이라고 할 수 있는 맥락 조건(Contextual Condition)을 찾아내었다. 다음에는 주어지는 상황이나 문제들, 이슈들을 해결하기 위하여 취해지는 전략적 작용/상호작용(Strategic Action/Interaction)을 규정하고 최종적으로 전략적 작용/상호작용의 최종 결과(Consequence)를 도출하여 근거이론방법에 따른 패러다임 모형을 완성하였다.

2.1. 현상

근거이론방법에서 지칭하는 현상(Phenomenon)이란 ‘여기서 무엇이 일어나고 있는가’를 나타내는 것이다. 다시 말하면 현상이란 반복되는 패턴을 나타내는 사건들이나 작용/상호작용들을 말하며 개방 코딩에서 도출한 범주들이 이러한 현상을 표현하게 된다(Strauss & Corbin, 1998). 이 연구에서는 연구 참여 학생들이 경험하는 현상을 ‘창의적이고 실제적인 에너지문제 해결’로 파악하고 이를 근거이론방법에 따른 현상으로 정의하였다.

2.2. 인과 조건

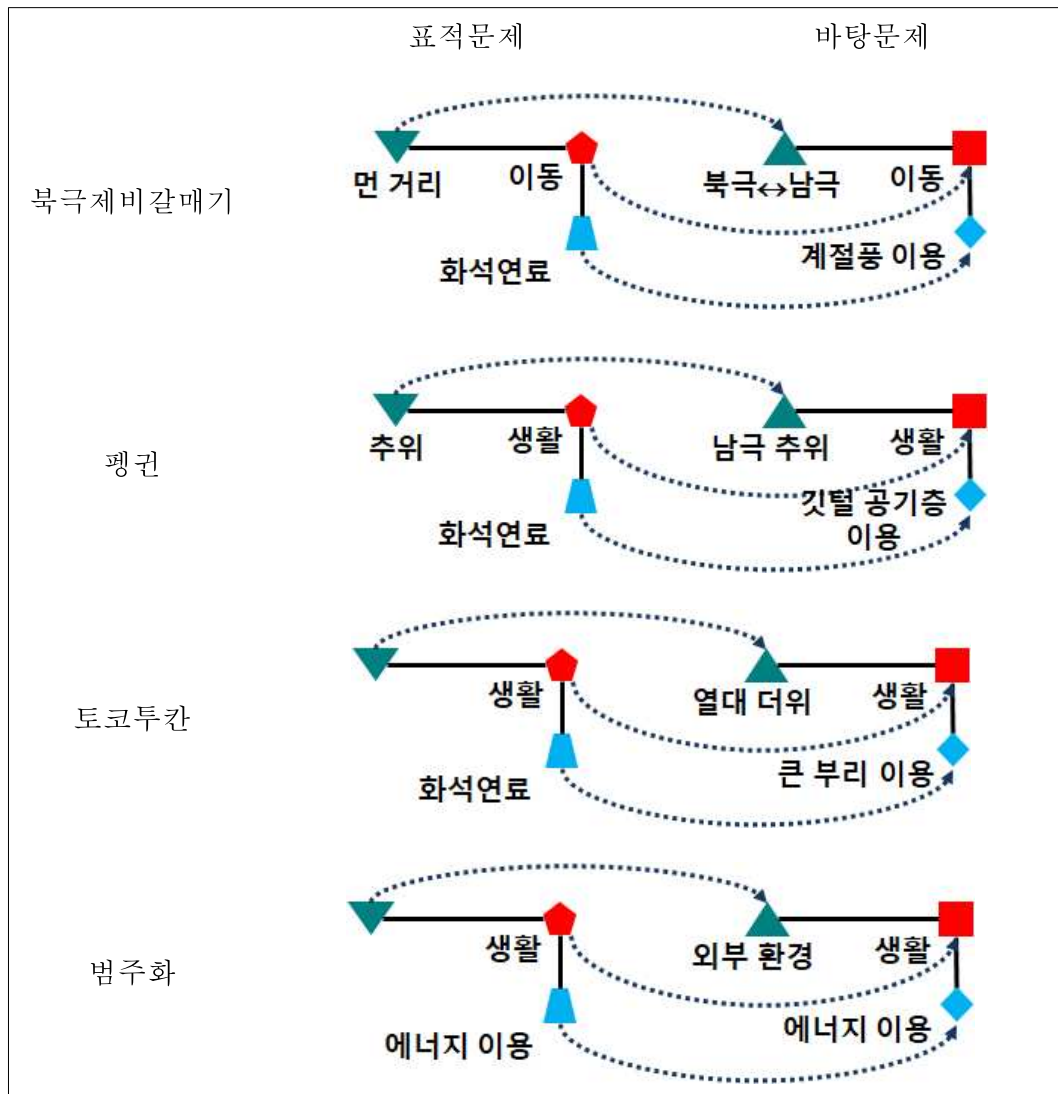
인과 조건(Causal Condition)은 일반적으로 현상에 영향을 미치는 일련의 사건들을 지칭한다(Strauss & Corbin, 1998). 이 연구에서는 대기 오염, 기후변화, 방사성 폐기물과 같은 심각한 에너지문제들에 대하여 소개하고 그 심각성 여부와 그렇게 심각하게 된 원인들에 어떻게 생각하는지 조사한 결과 편리 추구, 인식 부족, 실천 부족 등으로 범주화할 수 있었다. 이와 같이 에너지문제가 심각하게 된 원인을 근거이론방법에 따른 인과 조건이라고 할 수 있는데 이는 창의적이고 실제적인 에너지문제의 해결책을 찾는 과정을 실시하게 된 근본적 이유가 되기 때문이다.

2.3. 전략적 작용/상호작용

근거이론방법에서 전략적 작용/상호작용(Strategic Action/Interaction)은 어떤 문제를 풀기 위해서 의도적이고 계획적으로 취해지는 행동을 말한다(Strauss & Corbin, 1998). 이 연구에서는 ‘창의적이고 실제적인 에너지문제 해결’을 근거이론방법에 따른 현상으로 정의하고 이러한 에너지문제 해결을 위한 방법으로 유추적 사고를 도입하였다. 그리고 이러한 유추적 사고가 실제로 근거이론방법에서 말하는 현상의 문제들을 풀어나갈 수 있는 전략적 작용/상호작용 이 될 수 있는지 여러 가지 범주들의 인과 관계를 세부적으로 살펴보았다.

먼저 개방 코딩 과정에서 연구 참여 학생들이 유추적 사고를 통하여 사람과 새들의 에너지문제 사이의 유사성을 찾는 결과들을 외부환경, 생활, 이용 등의 세 가지 요인의 조합으로 나타낸 점을 참조하였다. 그리고 Gentner와 Markman(1997)이 정립한 구조 대응(Structure mapping) 이론²³⁾을 적용하여 유추적 전이 과정을 구조적 대응 단계에 따라 3단계로 분류하고 각 단계에 대하여 평가점수를 0점부터 3점까지 부여하였다. 즉, 학습자가 도출한 유추적 문제해결책이 첫 번째 단계인 국소적 대응 수준에 도달한 경우에는 1점, 그리고 더 나아가 두 번째 단계인 부분적 대응 수준에 도달한 경우에는 2점, 마지막으로 전체적으로 구조적으로 일관적인 일대일 대응 수준에 도달한 경우를 3점으로 구분하였으며 아무런 대응도 도출하지 못한 학습자에게는 0점을 부여하였다(<그림 4-7> 참조).

23) 이 연구에서 적용하고 있는 유추적 사고는 새들의 효율적 에너지 이용방법으로부터 사람들의 에너지문제에 대한 해결책을 도출하는 데 적용하는 것이므로 Gentner와 Markman(1997)이 정립한 구조 대응 이론에 따라 이질적인 영역 사이의 구조적 유사성에 의하여 유추적 전이가 일어난다고 가정하는 것이 타당하다. 또한, 이 연구에서 살펴보고 있는 에너지문제는 그 원인이 복잡하고 영향도 다차원적이므로, 표면 유사정보다는 서로 다른 영역 간의 구조적 유사성을 통하여 유추적 문제해결에 접근하는 것이 더 적합하다.



<그림 4-7> 사람들과 새들의 에너지문제 사이의 유사성에 대한 일대일 대응

그리고 이러한 분석 기준에 따라 수송, 난방, 냉방에너지 등 각 분야별로 연구 참여 학생들이 사람과 새들의 에너지문제의 유사성을 찾은 결

과에 대하여 평가한 결과를 아래와 같이 표로 정리하였다(<표 4-9> 참조). 또한, 연구참여자들의 유사성 찾기에 대한 평가 점수 별로 유추적 문제해결 성공 여부를 구분한 결과, 유사성 찾기에 실패한 참여자는 모두 사람의 에너지문제 해결책 찾기도 실패한 것으로 나타나 유사성 찾기가 에너지문제 해결책을 찾는 데 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다(<표 4-10>,<표 4-11>,<표 4-12> 참조). 이러한 분석 결과, 유추적 사고가 실제로 에너지문제 해결책 찾기에 긍정적 영향을 미침을 알 수 있었고 이를 통하여 유추적 사고는 근거이론방법에서 말하는 현상의 문제들을 풀어나갈 수 있는 전략적 작용/상호작용이 될 수 있음을 확인할 수 있었다.

<표 4-10> 유추적 사고를 통한 사람과 새들의 에너지문제 유사성 찾기 결과

구 분		유사성 찾기(평가점수)				
표적문제	바탕문제		0점	1점	2점	3점
수송에너지	북극제비 갈매기	남학생	9	2	2	1
		여학생	7	1	3	5
		합계	16	3	5	6
난방에너지	펭귄	남학생	8	5	1	0
		여학생	8	0	4	4
		합계	16	5	5	4
냉방에너지	토코투칸	남학생	7	6	1	0
		여학생	6	2	4	4
		합계	13	8	5	4

<표 4-11> 유추적 사고를 통한 에너지문제 해결책 개발결과(북극제비갈매기)

구 분		문 제 해 결 책 찾 기				합 계 (명)
		성 공		실 패		
		남 학생	여 학생	남 학생	여 학생	
유 사 성 찾 기	평 가 점 수 0	0	0	9	7	16
	평 가 점 수 1	1	1	1	0	3
	평 가 점 수 2	1	2	1	1	5
	평 가 점 수 3	0	3	1	2	6
합 계		2	6	12	10	30

<표 4-12> 유추적 사고를 통한 에너지문제 해결책 개발결과(펭귄)

구 분		문 제 해 결 책 찾 기				합 계 (명)
		성 공		실 패		
		남 학생	여 학생	남 학생	여 학생	
유사성 찾기	평 가 점 수 0	0	0	8	8	16
	평 가 점 수 1	2	0	3	0	5
	평 가 점 수 2	0	3	1	1	5
	평 가 점 수 3	0	1	0	3	4
합 계		2	4	12	12	30

<표 4-13> 유추적 사고를 통한 에너지문제 해결책 개발결과(토코투칸)

구 분		문제해결책 찾기				합계 (명)
		성공		실패		
		남학생	여학생	남학생	여학생	
유사성 찾기	평가점수 0	0	0	7	6	13
	평가점수 1	1	2	5	0	8
	평가점수 2	0	2	1	2	5
	평가점수 3	0	2	0	2	4
합 계		1	6	13	10	30

2.4. 중재 조건

근거이론방법에서의 중재 조건(Intervening Condition)은 인과 조건(Casual Condition)이 현상에 미치고 있는 영향을 완화시키거나 변화시키는 조건들을 말한다(Strauss & Corbin, 1998). 이 연구에서는 이러한 중재 조건을 파악하기 위하여 위에서 정리한 유추적 문제해결 결과들을 살펴보았다. 즉, 연구에 참여한 30명의 학생들 중에 표적문제인 사람의 에너지문제에 대한 이해가 부족한 학생들은 3명에 불과하였는데 이들의 경우 유추적 문제해결 활동지를 살펴 본 결과 사람과 새들의 에너지문제 사이의 유사성을 찾고 이러한 유사성에 근거한 에너지문제 해결책을 찾는 데 실패하였고 면접 과정에서도 이러한 활동에 어려움을 겪는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 통하여 행동, 기술, 제도 등 사람들의 에너지문제와 관련된 요인들을 이해하는 것은 인과 조건에 부수적으로 유추적 사고를 통하여 창의적이고 실제적인 에너지문제를 해결하기 위한 필요조건이므로 근거이론방법에서 정의하는 중재 조건이 될 수 있음을 확인할 수 있었다²⁴⁾.

24) 한승호와 윤순진(2017)은 중·고등학생을 대상으로 유추적 문제해결 교육 프로그램에 참가한 학습자들에 대한 사전평가와 유추적 문제해결 성공 여부의 인

2.5. 맥락 조건

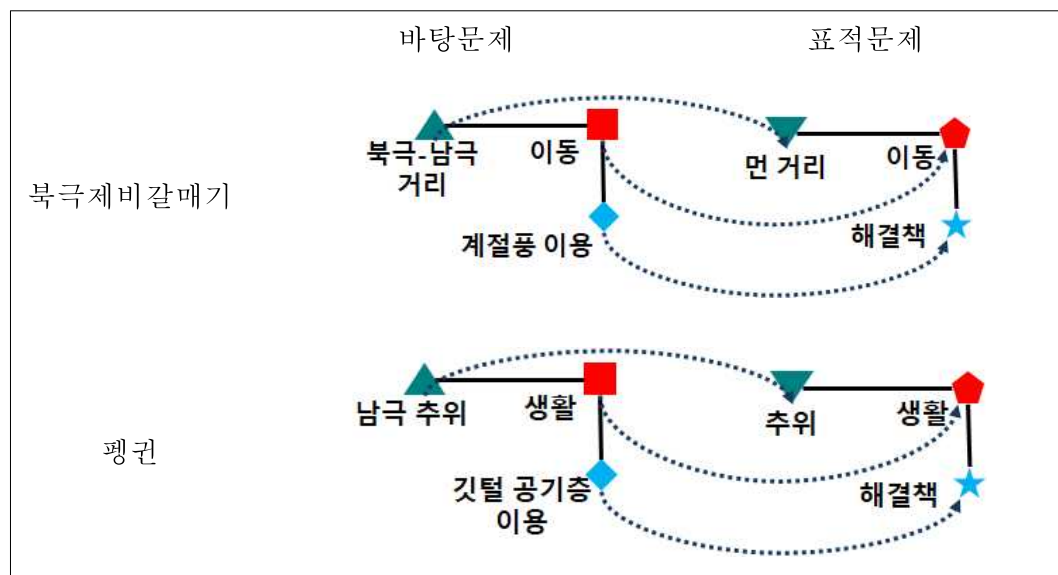
맥락 조건(Contextual Condition)은 일반적으로 전략적 작용/상호작용을 통하여 해결하고자 하는 문제나 상황들이 있을 때 특정 시점과 공간에서 그러한 문제나 상황들이 일어나는 데 영향을 주는 특수한 조건들을 말한다(Strauss & Corbin, 1998). 이 연구에서는 앞의 중재 조건과 마찬가지로 맥락 조건을 파악하기 위하여 연구 참여 학생들이 도출한 사람의 에너지문제 해결책들을 살펴보았다. 이와 관련하여 앞의 개방 코딩 단계에서 정리한 범주들을 살펴보면 바탕문제인 새들의 에너지문제 해결 원리를 충분히 이해한 연구 참여자들이 사람의 에너지문제 해결책을 잘 찾은 것으로 나타났다. 예를 들어 개방코딩 결과를 보면, 수송에너지 분야에서의 에너지문제 해결의 경우, 북극제비갈매기가 계절에 따른 바람의 방향으로 이동경로를 정하여 날아감으로써 힘을 덜 들이고 지구 한 바퀴를 도는 원리를 연구 참여자들이 ‘바람을 타고 날아가는 비행기’와 같이 사람의 에너지문제 해결책도 적절히 제시한 것으로 나타났다. 또한 난방에너지 분야의 경우에도 펭귄이 자신의 깃털 안의 작은 공간에 공기를 모아 극한 추위 속에서도 차가운 온도가 몸속으로 전달되지 않는 원리를 충분히 이해한 연구참여자들이 ‘공기층이 있는 옷’과 같이 사람의 에너지문제 해결책을 잘 제시한 것으로 나타났다. 이처럼 구조 유사성을 바탕으로 창의적이고 실제적인 에너지문제 해결책을 성공적으로 도출하기 위해서는 새들의 에너지문제 해결책의 원리에 대한 이해가 충분조건이 되므로 이를 근거이론방법에 따른 맥락조건이라고 할 수 있다²⁵⁾.

과관계를 분석하였다. 그 결과, 유사성에 근거한 문제해결책을 찾는 데 있어서는 학습자들의 사전 지식이 유의미한 영향을 줄 수 있음을 확인하였다. 이를 통하여 학습자들의 유추적 문제해결 능력을 높이기 위해서는 해당 문제와 관련하여 어느 정도의 사전 지식이 선행될 필요가 있다는 함의를 도출하였다.

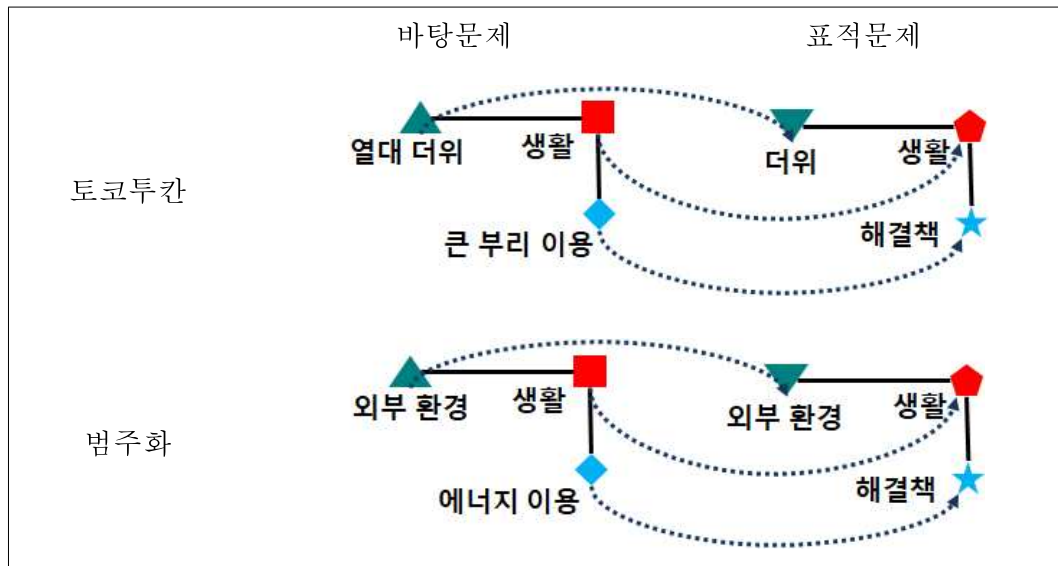
25) Strauss와 Corbin(1998)은 축 코딩을 수행함에 있어 어떠한 조건들이 인과 조건, 중재 조건, 맥락 조건인지 파악하는 것 그 자체 보다는 그러한 조건들이 서로 복잡하게 얽혀있다는 것 그 자체에 초점을 맞추는 것이 더 중요하다고 보

2.6. 결과

근거이론방법에서의 결과(Consequence)는 현상과 관련된 문제나 상황들에 대하여 취해진 작용/상호작용에 의해 나타난 여러 가지의 결과들을 말한다. 이러한 결과들에는 의도한 결과와 의도하지 않은 결과가 모두 포함된다. 이러한 결과들을 통하여 어떻게 작용/상호작용에 의해 상황이 바뀌었는지 그리고 어떻게 작용/상호작용에 의해 현상이 영향을 받았는지 알 수 있게 된다(Strauss & Corbin, 1998). 이 연구에서는 연구 참여 학생들이 유추적 사고를 통하여 사람의 에너지문제 해결책을 도출하는 것이 최종적인 결과물이라고 할 수 있다. 이를 앞의 구조대응이론을 적용하여 아래 그림과 같이 나타낼 수 있다.



왔다. 따라서 이 연구에서는 인과 조건, 중재 조건, 맥락 조건을 각각 필요충분 조건, 필요조건, 충분조건으로 해석하여 각 조건들의 특성을 이해하기 쉽게 구분하고자 하였다.



<그림 4-8> 유사성을 바탕으로 표적문제의 해결책 도출

각 에너지별로 앞의 개방 코딩에서 정리한 사람의 에너지문제 해결책을 살펴보면, 새들의 에너지문제 해결책 속성 측면에서 가까운 해결책과 상대적으로 먼 해결책으로 나눌 수 있다. 유추적 문제해결 이론에서는 이처럼 바탕문제로부터 상대적으로 먼 해결책을 더욱 창의적이라고 이야기한다. 실제로 이 연구에서 이처럼 창의적인 해결책을 제시한 연구 참여자들의 경우 유사성 대응에 대하여 높게 평가받거나 지구온난화와 같은 높은 수준의 지식을 갖고 있는 것으로 나타났다.

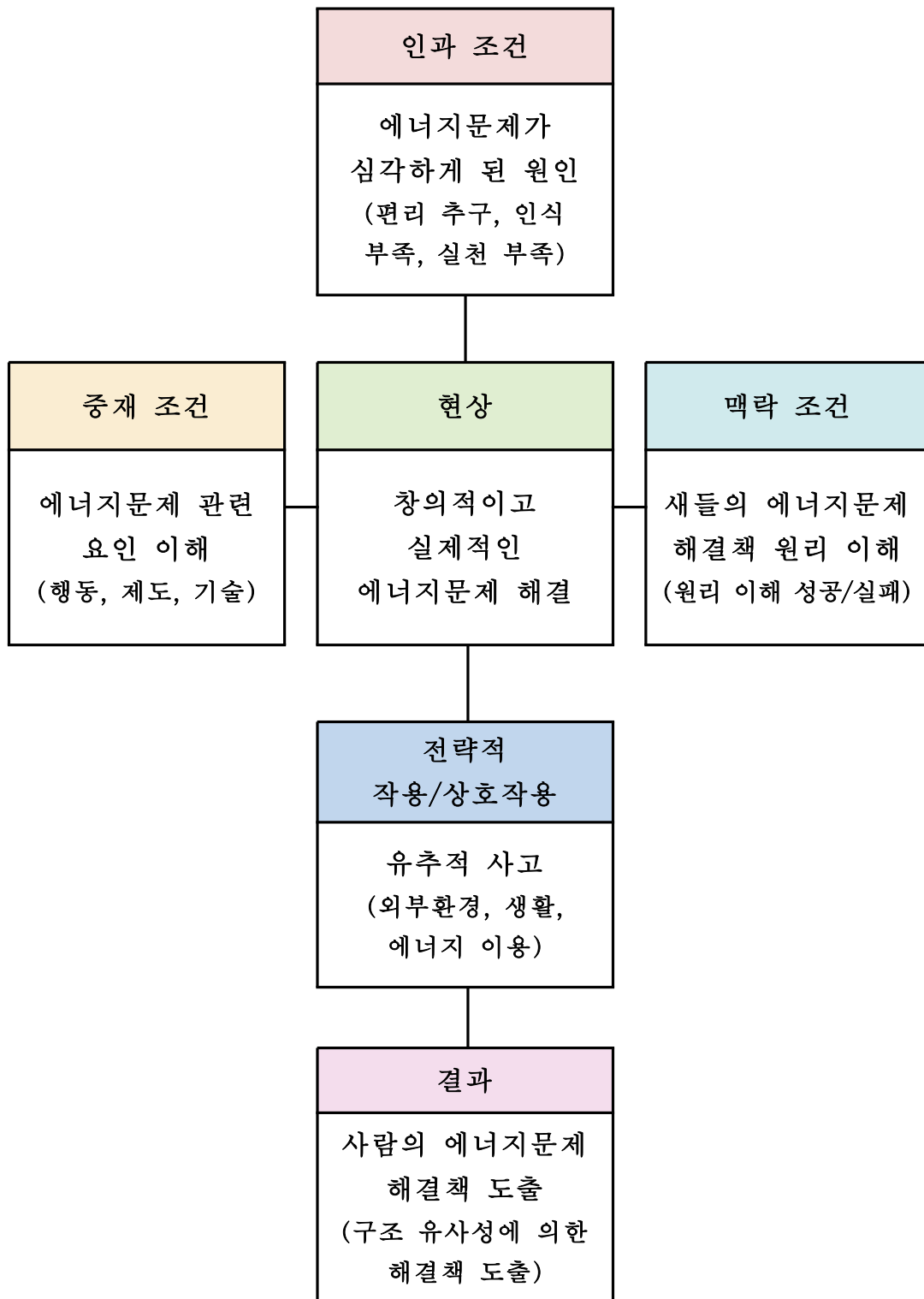
예를 들어 수송에너지의 경우 북극제비갈매기의 사례와 유사한 풍력 에너지의 범주에 속하는 해결책이 있는 반면에 태양열 에너지의 범주처럼 북극제비갈매기가 바람의 방향을 감지하고 바람에너지를 날개에 모아 힘을 덜 들이고 날아가듯이 자동차에 태양열 감지기를 두고 에너지를 모아 전기를 쓰지 않는 방법과 같이 창의적인 해결책도 있었다. 또한, 난방 에너지의 경우에도 펭귄의 사례와 유사한 보온성능을 갖춘 옷의 범주에 속하는 해결책이 있는 반면에 단열성능을 갖춘 주택의 범주처럼 펭귄이 자신의 깃털 안의 작은 공간에 공기를 모아 밖의 차가운 온도가 몸속으로

로 전달되지 않도록 하듯이 집을 지을 때 벽 사이에 공기가 있게 하면 밖 온도가 잘 전달이 되지 않도록 하는 창의적인 해결책이 있었다. 마지막으로 냉방에너지의 경우에도 토코투칸의 사례와 자연 온도조절 기능을 갖춘 장치의 범주에 속하는 해결책이 있는 반면에 자연 온도조절 기능을 갖춘 집의 범주처럼 토코투칸이 큰 부리를 이용하여 몸의 열을 밖으로 내보내어 열대우림의 더위 속에서도 체온을 조절하듯이 집에 열을 빼는 재질의 건축재료, 열을 빼는 기술을 적용하여 에어컨을 쓰지 않는 것과 같이 창의적인 해결책도 있었다.

2.7. 패러다임 모형 구성

근거이론방법에서 정의하는 패러다임(Paradigm)이란 여러 가지 모호한 범주들 사이의 관계를 명확하게 하기 위하여 이용하는 모형을 말한다. 이러한 패러다임을 이용하여 수집된 자료를 통합적이고 체계적으로 정리하게 된다(Strauss & Corbin, 1998). 이 연구에서는 축 코딩을 통하여 이러한 패러다임 모형의 여러 구성 요소들을 정리하였다. 먼저 ‘창의적이고 실제적인 에너지문제 해결’을 근거이론방법에서 요구하는 ‘현상’이라고 정의하였다. 또한, 연구에 참여하는 학습자들이 생각하는 에너지 문제가 심각하게 된 원인을 이러한 현상에 직접적 영향을 주는 ‘인과조건’으로 간주하였다. 이 때, 표적문제인 사람의 에너지문제와 관련된 요인들에 대한 명확한 이해는 인과 조건에 부수적으로 유추적 사고를 통하여 창의적이고 실제적인 에너지문제를 해결하기 위한 필요조건이므로 근거이론방법에서의 ‘중재 조건’에 해당한다고 할 수 있다. 또한 바탕문제인 새들의 에너지문제 해결 원리에 대한 명확한 이해는 창의적이고 실제적인 에너지문제 해결책을 찾는 구체적인 성공 조건이 될 수 있으므로 이를 ‘맥락 조건’으로 정의하였다. 다음으로 사람과 새들의 에너지문제 사이의 유사성 찾기는 창의적이고 실제적인 에너지문제 해결책을 찾는 구체적인 방법에 해당되므로 근거이론방법에 따른 현상을 해결하기 위한

‘전략적 작용/상호작용’임을 확인할 수 있었다. 마지막으로 이러한 유추적 사고를 통하여 도출한 에너지문제에 대한 해결책을 전략적 작용/상호작용의 최종적인 ‘결과’로 정의하였다. 이상의 여러 가지 요소들을 가지고 하나의 현상을 축으로 연결하여 <그림 4-9>와 같이 패러다임 모형을 얻을 수 있었다.



<그림 4-9> 유추적 사고를 통한 에너지문제 해결과정의 패러다임 모형

3. 선택 코딩

선택 코딩(Selective Coding)은 근거이론방법에서 추구하는 하나의 커다란 이론을 구축하기 위하여 핵심 범주(Core Category)를 중심으로 각 범주들을 서로 통합적으로 연결하여 한 편의 이야기를 구축하는 과정이다. 여기에서 핵심 범주란 연구의 중심 주제를 말한다. 또한 선택 코딩은 범주를 통합하고 정교하게 하는 과정으로 관계에 대한 통합과 진술의 근거를 확실하게 하는 과정이다(Strauss & Corbin, 1998). 이에 따라 이 연구에서는 개방 코딩과 축 코딩의 결과를 바탕으로 핵심 범주를 ‘유추적 사고를 활용하여 에너지문제 해결책을 찾기 위한 단계별 학습과정’으로 정의하였다. 그리고 이러한 핵심 범주를 이론화하여 유추적 사고를 통한 에너지문제 해결 과정을 도식화하였다(<그림 4-12> 참조). 이러한 도식화는 유추적 에너지문제해결 교육 프로그램에 참여한 초등학교 30명의 서면 자료와 집단 면접 자료들에 근거한 귀납적 연구 방법을 바탕으로 하였으며 추가적으로 Gick과 Holyoak(1980)이 제시한 유추적 문제해결 과정과 Glynn(1996)의 TWA 유추교수법, Gentner와 Markman(1997)이 정립한 구조 대응(Structure mapping) 이론을 참조하여 학습모델을 더욱 정교화 하였다²⁶⁾. 그 결과, 유추적 사고를 통한 에너지문제 해결 과정을 표적문제 이해 단계, 유사성 대응 단계, 해결책 도출 단계의 3단계로 구성하고 각 단계별로 유추적 사고의 진행 과정을 도식화하였다. 특별히 이 3가지 단계를 표적문제인 사람의 에너지문제와 바탕문제인 새들의 에너지문제 사이에 가까워졌다가 멀어진 후에 다시 가까워지는 발산, 수렴, 재발산 과정과 함께 연결하여 모델을 개발하였다(<그림 4-10> 참조). 이는 창의적인 사고의 과정이 표적문제와 바탕문제 사이의 반복적

26) Strauss와 Corbin(1998)은 근거이론방법이 단순히 데이터로부터 이론을 도출하는 귀납적 추론방법에 국한되지 않는다고 보았다. 다시 말하면, 이러한 데이터로부터 이론을 도출하는 과정에서 어느 정도 연구자의 데이터 해석이 불가피하게 포함된다고 생각하였다. 따라서 근거이론방법은 귀납적 추론방법과 연역적 추론방법이 서로 작용하고 있으므로 더욱 정교한 이론을 도출하기 위해서는 범주화 과정에서 반복적인 비교 분석이 필요하다고 주장하였다.

인 수렴과 발산과정으로부터 가능하다는 이론(서재천, 1997)과 일치한다. 또한, 유추적 에너지문제 해결책 도출과정은 단순히 한 가지 방향으로 진행되는 과정이 아니라 표적문제의 반복적 이해, 유사성 대응 반복 등 진행과정 속에 반복적인 순환 과정이 존재한다. 이 연구에서는 이러한 두 가지의 순환 루프를 살펴보았는데 이를 문제 이해 루프와 유사성 대응 루프(Backward Loop)로 정의하고 유추적 에너지문제 해결 과정의 중요한 부분으로 도식화하였다(<그림 4-11> 참조).

3.1. 표적문제 이해 단계

표적문제 이해 단계에서는 유추적 전이를 통하여 표적문제인 사람들의 에너지문제의 해결책을 찾기 위하여 에너지문제의 내용과 특성을 살펴보게 된다. 여기에서 표적문제의 해결책은 우리가 아직 알지 못하는 것이므로 이처럼 표적문제에 대하여 자세히 살펴보는 것은 거리가 멀어지는 발산 과정이라고 할 수 있다. 따라서 표적문제 이해 단계는 사람의 에너지문제를 마음속에 떠올리는 것으로 시작된다. 이 단계에서 중요한 것은 우리가 겪고 있는 심각한 에너지문제들을 이해하는 것이다. 여기에서는 단순히 에너지문제만 이해하는 것에 그치는 것이 아니고 에너지문제와 그러한 문제의 해결에 영향을 미치는 여러 가지 요인들을 함께 이해하는 것이 필요하다. 그러한 요인들에는 사람들의 행동, 제도, 기술 등이 있다. 이러한 이해가 선행되지 않으면 이후 과정에서 유추적 사고를 통한 문제해결책을 찾는 것도 어려움을 겪게 된다.

3.2. 유사성 대응단계

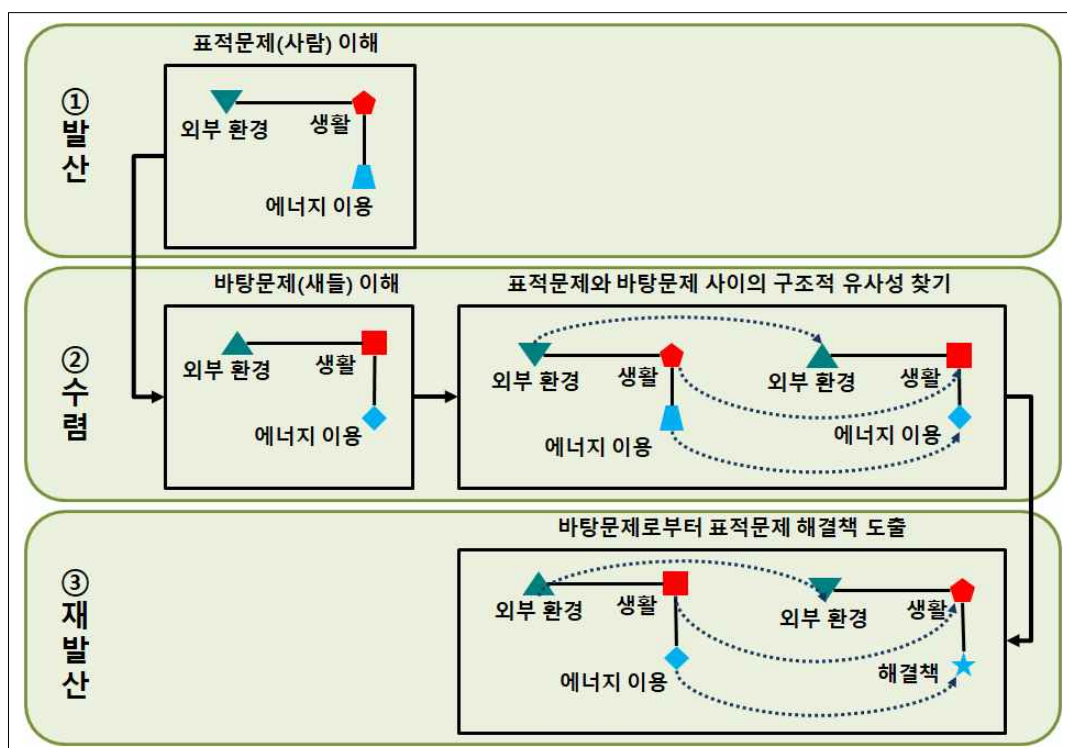
유사성 대응 단계에서는 바탕문제인 새들과 같은 생물의 에너지문제와 이에 대한 해결책들을 살펴보고 이러한 생물의 에너지문제와 사람의 에너지문제 사이의 유사성을 찾는다. 여기에서 바탕문제의 해결책은 우리가 이미 알고 있는 것이므로 이처럼 바탕문제에 대하여 자세히 살펴보

는 것은 거리가 가까워지는 수렴 과정이라고 할 수 있다. 이 단계에서는 Gentner와 Markman(1997)의 구조대응(Structure mapping) 이론에 따라 주어진 바탕문제와 표적문제의 유사성에 근거하여 각 구성요소들을 서로 대응시킨다. 여기에서 사람과 새들의 에너지문제를 이루는 구성요소들에는 외부환경, 생활, 에너지 이용 등이 포함된다. 이 때, 사람과 생물의 유사성은 단순히 외부로 드러나는 특징에 의존하는 표면 유사성이 아닌 구성 요소 간의 관계를 비교하는 구조 유사성을 잘 찾을수록 해결책을 찾는 것이 더욱 용이하다. 특별히 이러한 구조 유사성에 근거한 대응을 수행하기 위해서는 표적문제와 바탕문제의 에너지이용에 대한 근본적 원리를 이해하는 것이 중요하다.

3.3. 해결책 도출 단계

마지막 단계인 해결책 도출 단계에서는 이러한 바탕문제와 표적문제의 유사한 구성요소들 사이의 일대일 대응관계에 기초하여 표적 문제에 대한 해결방법을 찾는다. 즉, 사람들과 새들의 에너지문제들 사이의 유사성을 바탕으로 생물의 에너지문제 해결책으로부터 사람의 에너지문제 해결책을 찾는다. 이 단계는 우리가 이미 알고 있는 바탕문제의 해결책으로부터 우리가 모르는 미지의 표적문제 해결책을 찾아가므로 재발산의 과정이라고 할 수 있다. 이 단계에서는 에너지문제를 둘러싸고 있는 여러 가지 복합적인 요소들을 고려하여 해결책을 찾아가는 과정이 이러한 유사성 대응과정의 연장선에서 일어나게 되며 이를 통하여 근거이론방법에 따른 전략적 작용/상호작용인 유추적 사고가 완성된다. 이 때 주목할 점은 학습자들이 생물의 에너지문제 해결책의 원리를 충분히 이해할수록 사람의 에너지문제 해결책을 더욱 잘 찾을 수 있다는 것이다. 따라서 사람의 에너지문제 해결책을 못 찾은 경우 생물의 에너지문제 해결책의 원리를 반복적으로 학습할 필요가 있다. 또한 도출된 사람의 에너지문제 해결책이 창의적이고 실제 적용가능하기 위해서는 교사와 같은 전문지식을 갖춘 제 3자와의 자문을 통하여 에너지문제 해결책을 더욱 정교하게

하는 것이 필요하다. 마지막으로 창의적인 에너지문제 해결책을 찾기 위해서는 바탕문제의 해결책의 원리에 대한 충분한 이해를 바탕으로 구성 요소 간의 관계 유사성에 의거하여 해결책을 도출할 때 바탕문제의 표면적 특성으로부터 더욱 거리가 떨어진 창의적인 에너지문제 해결책을 찾을 수 있다.



<그림 4-10> 유추적 에너지문제 해결책 도출을 위한 수렴-발산 과정

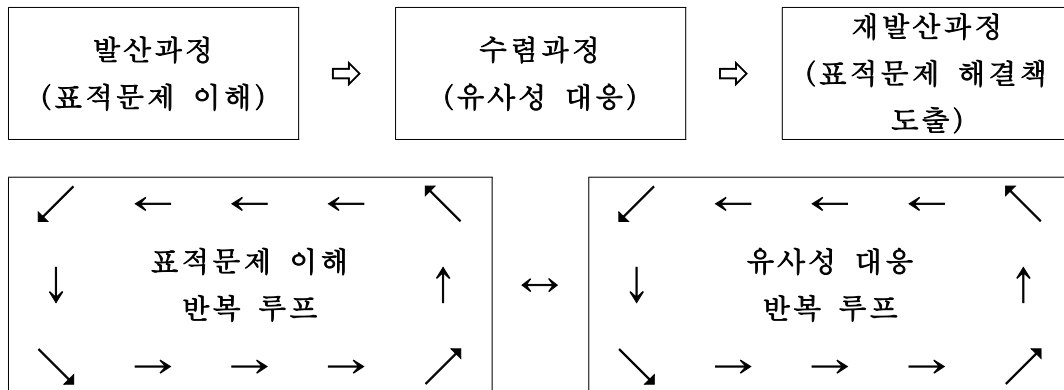
3.4. 문제 이해 루프

문제 이해 루프는 표적문제와 바탕문제 사이의 유사한 요소들을 찾는 데 실패한 학습자들이 다시 표적문제와 바탕문제를 반복적으로 이해하는 과정이다. 즉, 표적문제인 사람의 에너지문제와 바탕문제인 새들의 에너

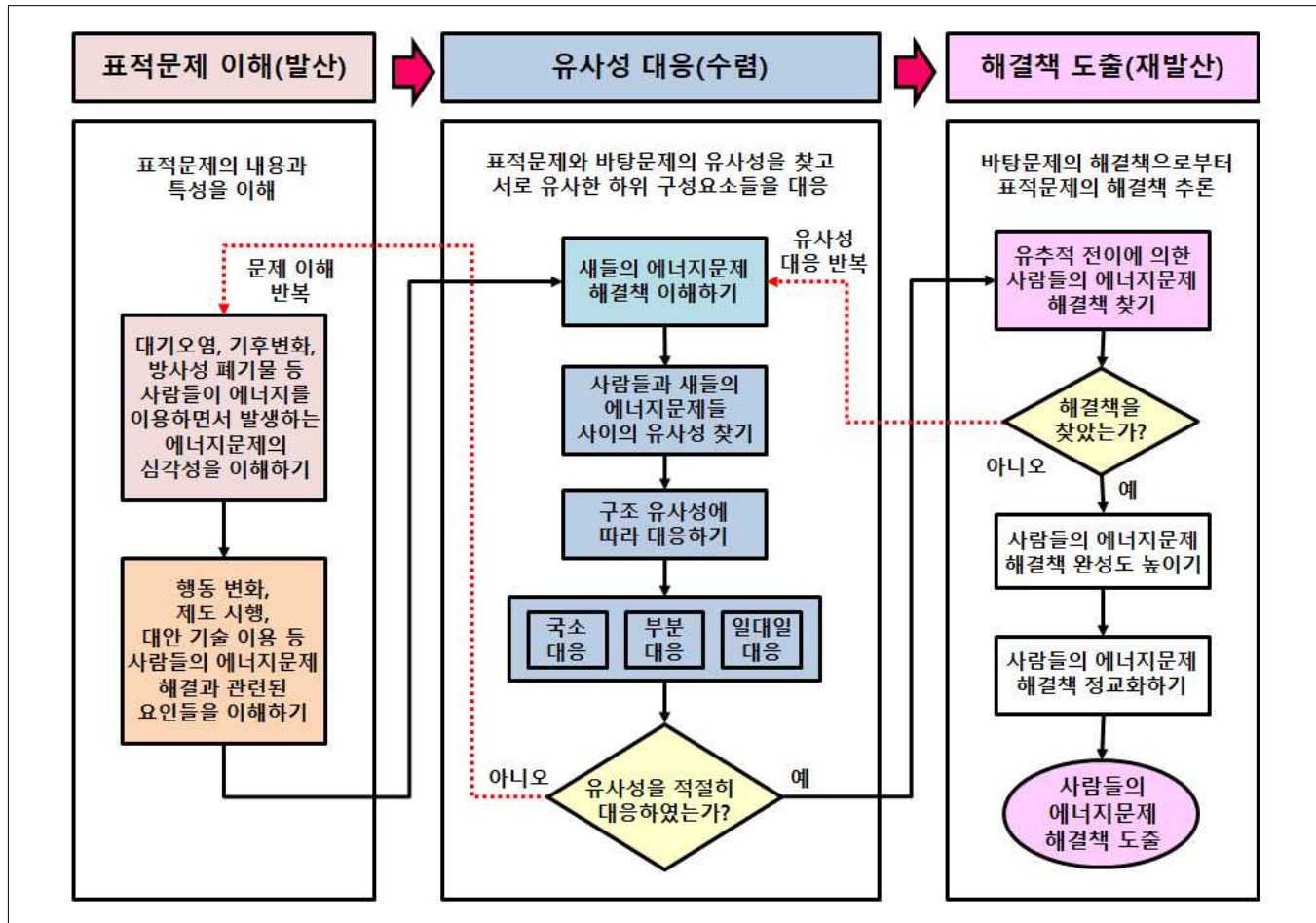
지문제를 반복적으로 이해하는 과정이라고 할 수 있다. 이러한 반복과정이 필요한 이유는 물론 사람과 새들의 에너지문제의 유사성을 잘 찾기 위한 것이기도 하지만 이후 단계에서 학습자가 표적문제를 충분히 이해할수록 바탕문제로부터 유추하여 표적문제의 해결책을 더욱 잘 찾을 수 있기 때문이기도 하다. 따라서 이 과정에서는 학습자들에게 사람이 겪고 있는 에너지문제의 내용과 특성을 다시 소개하고 새들의 에너지문제 해결에 대하여 충분히 이해가 될 수 있도록 설명하며 필요 시 질문과 토론 과정을 병행한다. 이러한 문제 이해 루프는 낮은 표적문제에 대한 이해로부터 익숙한 바탕문제의 상황으로 가까워지는 수렴적 사고에 의존하는 인식 과정이라고 할 수 있으며 이를 통하여 더 많은 주어진 표적문제에 대한 해결책 도출을 더욱 용이하게 할 수 있다.

3.5. 유사성 대응 루프

유사성 대응 루프는 바탕문제로부터 표적문제의 해결책을 찾는 데 실패한 학습자들이 다시 반복적으로 표적문제의 해결책을 찾아가는 과정이다. 유사성 대응 루프는 문제 이해 루프와는 다르게 유추적 전이를 통하여 바탕문제의 해결책으로부터 표적문제의 해결책을 찾아가는 반복 과정으로서 잘 알고 있는 것으로부터 미지의 새로운 것을 찾는 과정의 반복을 의미한다. 따라서 학습자들은 바탕문제인 새들의 에너지문제와 표적문제인 사람의 에너지문제의 유사한 요소들 사이의 정확한 일대일 대응을 반복적으로 수행하게 된다. 이러한 유사성 대응 루프를 통하여 학습자들은 에너지문제 해결책을 생성해내고 지속적인 사고의 반복을 통하여 도출된 문제해결책이 창의적이고 실제로 적용이 가능할 것인지를 판단하게 된다. 이러한 유사성 대응 루프는 바탕문제의 상황에서 더욱 멀어지는 확산적 사고에 의존하는 인식 과정이라고 할 수 있으며 이를 통하여 더 많은 창의적 사고가 이루어질 수 있다.



<그림 4-11> 유추적 에너지문제 해결책 도출을 위한 반복 순환 과정



<그림 4-12> 유추적 에너지문제 해결과정 도식

제 3 절 유추적 에너지문제 해결 학습과정 유형 분석

이 연구에서는 유추적 사고를 통하여 에너지문제에 대한 해결책을 찾는 학습과정의 활용도를 높이기 위하여 유추적 에너지문제 해결 활동에 참여한 학습자들의 유형을 분석하였다. 즉, 학습자들이 유추적 에너지문제 해결책을 도출하는 과정에서 각 단계의 여러 조건에서 서로 다른 학습자들의 어떤 학습 패턴을 보이는지 그 유형을 분석함으로써 이 학습모델의 적용 조건들을 파악하고 적용 범위를 명확히 할 수 있다. 이를 위하여 이 연구에서는 유추적 에너지문제 해결 활동에 참여한 학습자들의 각 단계별 학습결과를 바탕으로 연구 참여자들을 8가지 하위 범주로 분류하였다(<표 4-13> 참조). 즉, 에너지문제에 대한 이해가 충분한지, 유사성 찾기는 올바르게 수행했는지, 유추적 사고를 통하여 에너지문제 해결책을 적절히 찾았는지를 중심으로 8가지 하위 범주를 만들어 보았다. 그 결과, ‘사람들의 에너지문제에 대한 이해가 충분하나 유사성 찾기와 유추적 사고를 통한 문제해결책 도출 능력이 부족한 유형’이 빈도수가 가장 많았고, 그 다음으로 ‘사람들의 에너지문제에 대한 이해가 충분하고 유사성 찾기 능력은 우수하나 유추적 사고를 통한 문제해결책 도출 능력은 부족한 유형’과 ‘사람들의 에너지문제에 대한 이해가 충분하고 유사성 찾기 능력은 우수하나 유추적 사고를 통한 문제해결책 도출 능력은 보통 수준인 유형’ 순이었다.

<표 4-14> 연구참여자들의 유추적 에너지문제 해결 학습결과 범주화

구분	내용	연구참여자(명)		
		북극제비 갈매기	펭귄	토코 투칸
범주1	사람들의 에너지문제에 대한 이해가 미흡 하고 유사성 찾기와 유추적 사고를 통한 문제해결책 도출 능력이 부족함	1	3	1

구분	내용	연구참여자(명)		
		북극제비 갈매기	펭귄	토코 투칸
범주2	사람들의 에너지문제에 대한 이해가 충분 하나 유사성 찾기와 유추적 사고를 통한 문제해결책 도출 능력이 부족함	15	13	12
범주3	사람들의 에너지문제에 대한 이해가 충분 하고 유사성 찾기 능력은 보통 수준이나 유추적 사고를 통한 문제해결책 도출 능 력이 부족함	1	3	5
범주4	사람들의 에너지문제에 대한 이해가 충분 하고 유사성 찾기 능력과 유추적 사고를 통한 문제해결책 도출 능력은 보통 수준 임	2	2	1
범주5	사람들의 에너지문제에 대한 이해가 충분 하고 유사성 찾기 능력은 보통 수준이며 유추적 사고를 통한 문제해결책 도출 능 력은 우수함	0	0	2
범주6	사람들의 에너지문제에 대한 이해가 충분 하고 유사성 찾기 능력은 우수하나 유추 적 사고를 통한 문제해결책 도출 능력은 부족함	5	5	5
범주7	사람들의 에너지문제에 대한 이해가 충분 하고 유사성 찾기 능력은 우수하나 유추 적 사고를 통한 문제해결책 도출 능력은 보통 수준임	5	3	3
범주8	사람들의 에너지문제에 대한 이해가 충분 하고 유사성 찾기 능력과 유추적 사고를 통한 문제해결책 도출 능력이 우수함	1	1	1

또한, 이러한 8가지 하위 범주들을 공통분모별로 묶어 지식형, 논리형, 이해형, 창의형의 네 가지 유형으로 압축해 보았다(<표 4-14> 참조). 첫 번째 지식형은 ‘에너지문제에 대한 지식을 갖추고 있지만 이에 대한 깊은 이해가 미흡하여 이러한 에너지문제에 대한 해결 능력은 부족한 유형’이고 두 번째 논리형은 ‘에너지문제에 대한 지식과 이에 대한 논리적 사고력을 갖추고 있지만 상대적으로 이해력이 미흡하여 이러한 에너지문제에 대한 해결 능력은 부족한 유형’이다. 세 번째 이해형은 ‘에너지문제에 대하여 충분히 이해하고 이러한 에너지문제에 대한 해결 능력도 갖추고 있으나 한걸음 나아가 창의적으로 에너지문제 해결책을 찾을 수 있는 능력은 부족한 유형’을 말한다. 마지막으로 창의형은 ‘에너지문제에 대한 깊은 이해를 바탕으로 이미 주어진 지식의 틀을 벗어나 창의적인 에너지문제 해결책을 찾을 수 있는 능력을 갖춘 유형’을 말한다. 이 연구에 참여한 학생들에 대한 유형별 빈도수를 보면 지식형, 논리형, 이해형, 창의형 순으로 나타났다.

<표 4-15> 유추적 에너지문제 해결 교육과정 참여 학습자들의 유형 분석

구분	내용	연구참여자(명)		
		북극제비 갈매기	펭귄	토코 투칸
지식형	에너지문제에 대한 지식을 갖추고 있지만 이에 대한 논리적 사고력과 이해력이 미흡하여 에너지문제들 사이의 유사성 찾기와 이러한 에너지문제에 대한 해결 능력은 부족함	15	13	12
논리형	에너지문제에 대한 지식과 이에 대한 논리적 사고력을 갖추고 있지만 상대적으로 이해력이 미흡하여 이러한 에너지문제에 대한 해결 능력은 부족함	6	8	10

구분	내용	연구참여자(명)		
		북극제비 갈매기	펭귄	토코 투칸
이해형	에너지문제에 대하여 충분히 이해하고 이러한 에너지문제에 대한 해결 능력도 갖추고 있으나 한걸음 나아가 창의적으로 에너지문제 해결책을 찾을 수 있는 능력은 부족함	7	5	4
창의형	에너지문제에 대한 깊은 이해를 바탕으로 이미 주어진 지식의 틀을 벗어나 창의적인 에너지문제 해결책을 찾을 수 있는 능력을 갖추	1	1	3

제 5 장 요약 및 결론

제 1 절 연구 요약

오늘날의 에너지와 환경문제는 그 복잡성으로 인하여 해결방법을 찾는 것이 점점 더 어려워지고 있다. 이런 까닭에 에너지교육에 있어서도 이러한 에너지문제를 단순히 인식하는 것에서 벗어나, 실제적인 문제해결책을 찾아나가기 위해서는 그러한 교육 방법론을 개발하기 위한 많은 노력이 필요하다. 하지만, 현재 초등학교 교과 과정을 보면 에너지에 대한 과학적 지식과 에너지 절약에 대한 실천적 지식 간의 연계가 충분하지 않아 학생들이 에너지가 무엇이며, 에너지에 대해 알고, 절약하고, 실천하는 것이 우리 생활에 어떤 의미를 갖는지 통합적으로 이해하는 데 어려움이 있다. 또한 현재의 교과과정에서는 학생들로 하여금 자신의 생활 속에서 다양하고 복잡하게 나타나는 에너지문제에 대하여 실용적이고 창의적인 문제해결 방법을 찾도록 이끄는 데에도 한계가 있다. 그리고 에너지교육을 위한 학습 방법에 있어서도 교과 내용이 토의와 조사 등에 머무르고 있어 좀 더 다양하고 실제적인 에너지교육 방법이 요구되고 있다. 따라서 앞서 언급한 바와 같이 전 세계적 에너지 위기라는 시대의 흐름에 맞추어 생활 속에서의 에너지문제를 체계적으로 접근하고 이에 대한 창의적 해결책을 찾도록 도울 수 있는 새로운 에너지교육에 대한 접근이 필요하다. 따라서 이 연구에서는 학습자들이 에너지문제에 대한 창의적이고 실용적인 해결책을 찾을 수 있는 수단으로 유추적 사고 방법을 선택하여 실제적인 활용가능성을 살펴보고자 하였다.

이를 위한 구체적인 이 연구의 목적은 다음과 같다. 첫째, 학습자들이 스스로 유추적 사고를 통하여 에너지문제 해결 방법을 학습하는 과정을 고찰하는 것이다. 특별히, 이 연구에서는 학습자들로 하여금 생물들의 효율적인 에너지 이용방법으로부터 우리가 당면한 에너지문제를 해결할 수

있는 친환경 에너지 기술 아이디어를 유추하는 과정을 구체적으로 살펴보고자 하였다. 둘째, 이러한 유추적 에너지문제 해결 과정의 고찰을 통하여 학습자들이 창의적이고 실용적인 에너지문제 해결책을 찾을 수 있는 에너지교육 방법을 모색하는 것이다. 이를 통하여 실제 교과 과정에서 유추적 사고를 통한 에너지문제에 대한 해결책을 도출하는 학습과정의 활용가능성을 더욱 높이하고자 하였다.

이러한 연구 목적에 따라 이 연구에서는 문헌 연구를 통하여 다음과 같이 유추적 사고의 장점과 활용 사례에 대하여 살펴보았다. 먼저, 유추는 유사성에 기초하여 자신에게 익숙한 것으로부터 낯선 것을 추론하는 사고과정으로서 학습자들의 상상력과 창의력을 가장 크게 동원하는 사고 도구 중 하나이다. 유추적 사고는 과거 고대로부터 이어져 내려오는 창의적 사고방법으로서 어려운 개념을 설명하거나 자신의 주장을 논리적으로 펼 때 그리고 새로운 문제에 대한 해결책을 찾고자 할 때 유용하게 사용되어왔다. 특별히 유추적 사고는 근대 및 현대 과학에 들어와서 새로운 과학적 발견이 나타나는 과정에서 중요한 역할을 해왔으며 대표적으로 전자 스펙트럼이나 만유인력의 법칙과 같은 역사적 과학 법칙들이 이러한 유추적 사고를 통하여 세상에 드러났다. 또한 액티브 스코프 카메라나 벨크로(찍찍이)와 같은 많은 발명품들이 생물로부터 유추한 결과물이다. 오늘날 학교에서도 과학, 사회, 수학 등 여러 교과 수업에서도 이러한 유추적 사고를 유용한 교수방법으로 채택하여 사용되고 있다. 따라서, 이러한 유추적 사고를 통하여 에너지문제를 해결하는 방법을 찾는 것은 에너지교육에 참여하는 학습자들의 문제해결 능력을 더욱 높일 수 있다.

이 연구에서는 에너지문제 해결을 위한 유추의 대상으로 생물들의 효율적인 에너지 이용방법을 선정하였다. 지구상에서 살아가는 생물들은 수많은 시간 동안 주어진 환경에 적응하면서 에너지와 자원을 효율적으로 이용하는 지혜를 터득하여 왔다. 따라서 이러한 생물들의 지혜를 바탕으로 오늘날 에너지문제를 해결할 수 있는 친환경에너지 기술을 개발하는 것은 계속 무분별하게 도입되는 과학기술의 환경파괴에 대한 대안

기술이 될 수 있을 것이다. 실제로 에너지뿐만 아니라 의료, 통신, 교통, 일상생활에 이르기까지 다양한 방법으로 이러한 생물모방이 진행되고 있다. 이러한 현실에서 생물들의 에너지이용 지혜를 에너지 분야에 확대하는 것은 에너지문제 해결을 위한 실질적인 대안이 될 수 있을 것이다. 특별히 이 연구에서는 연구사례로 다양한 자연환경에서 살아가고 있는 새들로부터 에너지 이용기술을 찾아내는 새로운 시도를 취하였다.

이 연구에서는 연구방법으로 질적연구방법의 하나인 근거이론방법(Grounded Theory Method)을 적용하였다. 이러한 근거이론방법을 통해 학습자들이 유추적 사고를 활용하여 에너지문제에 대한 해결책을 도출하는 과정을 분석하고 이러한 결과를 바탕으로 학습자들의 세부적인 유추적 사고과정을 도식화하고자 하였다. 이를 위하여 먼저 이론적 측면에서 Gick과 Holyoak(1980)이 제시한 유추적 문제해결 과정과 Glynn(1996)의 TWA 유추교수법, Gentner와 Markman(1997)이 정립한 구조 대응(Structure mapping) 이론, 조연순의 5단계 문제중심학습과정을 참조하였다. 그리고 유추적 사고를 통하여 에너지문제에 대한 해결책을 도출하는 과정을 살펴보기 위하여 30명의 일반 초등학교 학생들을 연구 참여자로 선정하고 이들을 대상으로 연구 자료를 수집하기 위하여 유추적 에너지문제 해결 과정을 진행하였다.

첫 번째 단계에는 먼저 초등학교 6학년 학생 30명을 대상으로 유추적 에너지문제 해결 수업을 진행하였다. 현재 초등학교 6학년 학생들에게 적용하는 2009 개정 초등학교 교육과정을 조사한 결과 유추적 사고를 적용하고 있고 에너지 개념과, 이용, 문제점, 절약 등 문제해결에 대한 내용들을 배워왔기 때문에 6학년 학생들을 대상으로 이 연구를 진행하는 것이 적절하다고 판단하였다. 이 수업에서는 연구 참여 학생들에게 사람들이 겪고 있는 심각한 에너지문제를 소개하고 이를 해결할 수 있는 방법에 대하여 적도록 하였다. 이는 사전에 연구 참여자들의 관련 지식을 검토함으로써 연구 참여자들이 사람들의 에너지문제를 얼마나 잘 이해하고 있는지 여부와 이후 유추적 문제해결 과정을 통하여 새로운 에너지문제 해결책을 찾을 수 있는지 여부를 알아보기 위해서 진행하였다. 두 번

째 단계에는 연구 참여자들에게 북극제비갈매기, 펭귄, 토코투칸 등 새들이 갖고 있는 에너지문제와 이에 대한 해결책을 자세히 설명하였다. 세 번째 단계에서는 학습자들로 하여금 이러한 새들이 갖고 있는 에너지문제와 앞서 사람들이 갖고 있는 에너지문제들 사이의 유사한 점을 찾도록 하였다. 이어서 네 번째 단계에서는 이러한 유사점들을 바탕으로 새들의 에너지문제 해결책으로부터 사람의 에너지문제 해결책을 찾도록 하였다. 마지막 다섯 번째 단계에서는 각 연구 참여자들을 대상으로 유추적 문제 해결 과정의 어려움을 질의하고 자신이 찾은 해결책에 대하여 구체성, 창의성, 실용성 측면에서 논의하는 집단 면접과 추가 조사를 진행하였다. 그 결과 학습자들이 유추적 사고를 통하여 이전에 생각해보지 못한 새로운 해결책을 찾았음을 알 수 있었고 교사와의 대화를 통해 완성도가 높고 정교화된 문제해결책을 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

이 연구에서는 학습자들이 유추적 사고를 통하여 에너지문제에 대한 해결책을 도출하는 과정을 살펴보기 위하여 유추적 에너지문제 해결을 위한 수업으로부터 수집된 자료를 세부적으로 분석하였다. 이를 위하여 질적 연구방법의 하나인 근거이론방법에 따라 개방 코딩, 축 코딩, 선택 코딩 작업을 진행하였다. 개방 코딩에서는 유추적 에너지문제해결 교육 프로그램에서 사용된 활동지, 연구참여 학생들이 작성한 유추적 문제해결 내용, 연구참여 학생들 대상의 면접 자료를 범주화하였다. 이를 위하여 먼저 기본적인 원 자료들을 공통 내용으로 묶어 하위 범주를 만들고 이 범주들의 공통분모를 찾아내어 범주화하였다. 이렇게 하여 에너지문제의 심각성, 에너지문제 요인, 유사성 찾기, 에너지문제 해결책 찾기 등과 관련하여 범주화를 진행하였다. 특별히 유사성 찾기에서는 연구참여 학생들이 작성한 유사성 내용을 외부환경, 생활, 에너지이용 등 세가지 요인의 조합으로 범주화하였고 해결책 찾기에서는 연구참여 학생들이 제시한 해결책들을 원리이해와 해결책이 속하는 에너지분야와 관련하여 범주화를 진행하였다. 연구참여 학생들이 도출한 해결책의 적절성과 관련해서는 에너지문제 해결책의 완성도 향상과 정교화 등의 범주를 만들었다. 그 결과, 유추적 에너지문제해결 교육 프로그램에서 사용된 활동지,

연구참여 학생들이 작성한 유추적 문제해결 내용, 연구참여 학생들 대상의 면접 자료로부터 다양한 범주들을 만들 수 있었다. 또한, 하나의 자료를 여러 측면에서 살펴봄으로써 한 가지 자료로부터 다양한 범주를 만들어낼 수 있었다. 이러한 개방 코딩 결과, 유추적 사고를 통해 에너지문제 해결책을 도출하는 과정과 관련하여 수집된 자료들을 54개 개념과 35개 하위범주, 18개의 범주로 정리할 수 있었다.

이어지는 축 코딩에서는 개방 코딩에서 정리한 범주들을 조합하여 유추적 에너지문제해결을 위한 패러다임 모형을 구축하였다. 먼저 이 연구의 핵심주제인 ‘창의적이고 실제적인 에너지문제 해결’을 근거이론방법에서 요구하는 ‘현상’이라고 정의하였다. 에너지문제가 심각하게 된 원인은 이러한 에너지문제 해결 교육의 필요한 가장 중요한 이유가 되므로 근거이론방법에서 요구하는 ‘인과조건’에 해당하는 것으로 파악하였다. 그리고 학습자들의 유추적 사고는 관심의 대상이 되는 에너지문제 해결 교육을 위하여 취해지는 활동이므로 근거이론방법에서 정한 ‘전략적 작용/상호작용’에 해당하는 것으로 나타났다. 이러한 유추적 사고를 통하여 도출된 에너지문제 해결책은 근거이론방법에서 정의한 ‘결과’에 해당되는 것으로 파악하였다. 이에 덧붙여서 표적문제인 사람의 에너지문제와 관련된 요인들에 대한 명확한 이해는 위의 인과 조건에 부수적으로 유추적 사고를 통하여 창의적이고 실제적인 에너지문제를 해결하기 위한 필요조건이므로 근거이론방법에서의 ‘중재 조건’으로 간주하였다. 또한 바탕문제인 새들의 에너지문제 해결 원리에 대한 명확한 이해는 창의적이고 실제적인 에너지문제 해결책을 찾는 구체적인 성공 조건이 될 수 있으므로 이를 ‘맥락 조건’으로 정의하였다.

이러한 축 코딩에서는 특별히 현상에 대한 전략적 작용/상호작용인 유추적 사고에 대한 분석에 중점을 두었다. 이를 위하여 학습자들이 작성한 표적문제와 바탕문제 사이의 유사성 찾기 내용을 외부환경, 생활, 에너지 이용 등의 하위 요소로 구성하였다. 또한 이러한 하위 요소 사이의 대응활동을 국소 대응, 부분 대응, 일대일 대응의 세 가지로 분류하여 각 학습자들의 유사요소들 간의 대응 결과를 비교하였다. 그 결과, 유추

적 사고가 실제로 에너지문제 해결책 찾기에 긍정적 영향을 미침을 알 수 있었다.

마지막으로 선택 코딩에서는 축 코딩의 결과를 바탕으로 현상, 인과 조건, 중재 조건, 맥락 조건, 전략적 작용/상호작용, 결과 등을 서로 통합적으로 연결하여 하나의 이론으로 도식화하였다. 먼저, 유추적 에너지문제 해결 과정을 표적문제 이해, 유사성 대응, 해결책 도출의 3단계로 구분하여 각 단계별로 이야기를 전개하였다. 첫 번째 단계인 표적문제 이해 단계에서는 유추적 전이를 통하여 표적문제인 사람들의 에너지문제의 해결책을 찾기 위하여 에너지문제의 내용과 특성을 살펴보게 된다. 두 번째 유사성 대응 단계에서는 바탕문제인 새들과 같은 생물의 에너지문제와 이에 대한 해결책들을 살펴보고 이러한 생물의 에너지문제와 사람의 에너지문제 사이의 유사성을 찾는다. 마지막 해결책 도출 단계에서는 사람들과 새들의 에너지문제들을 이루고 있는 각 구성요소들 사이의 일대일 대응관계를 바탕으로 생물의 에너지문제 해결책으로부터 사람의 에너지문제 해결책을 찾는 것으로 이야기운곽을 완성하였다.

또한, 이러한 유추적 에너지문제 해결 과정에 대한 분석 결과, 유추적 에너지문제 해결 결과를 높이기 위하여 유사성 찾기 활동을 위한 생각의 반복과 해결책 도출을 위한 생각의 반복 등 크게 두 가지 생각의 반복 과정(Loop)을 찾아내어 도식화하였다. 첫 번째 반복 과정인 문제 이해 루프는 표적문제와 바탕문제 사이의 유사한 요소들을 찾는 데 실패한 학습자들이 다시 표적문제와 바탕문제를 반복적으로 이해하는 과정이다. 즉, 표적문제인 사람의 에너지문제와 바탕문제인 새들의 에너지문제를 반복적으로 이해하는 과정이라고 할 수 있다. 두 번째 반복과정인 유사성 대응 루프는 바탕문제로부터 표적문제의 해결책을 찾는 데 실패한 학습자들이 다시 반복적으로 표적문제의 해결책을 찾아가는 과정이다. 유사성 대응 루프는 문제 이해 루프와는 다르게 유추적 전이를 통하여 바탕문제의 해결책으로부터 표적문제의 해결책을 찾아가는 반복 과정으로서 잘 알고 있는 것으로부터 미지의 새로운 것을 찾는 과정의 반복을 의미한다. 이러한 문제 이해 루프와 유사성 대응 루프의 반복 과정을 통하여 학습자들은 에너지문제 해결책을

더욱 용이하게 생성해낼 수 있을 뿐만 아니라 더욱 창의적이고 실제로 적용이 가능한 문제 해결책을 도출해 낼 수 있을 것이다.

한편, 이 연구에서는 유추적 사고를 통하여 에너지문제에 대한 해결책을 찾는 학습과정의 활용도를 높이기 위하여 유추적 에너지문제 해결 활동에 참여한 학습자들의 유형을 분석하였다. 이를 위하여 이 연구에서는 유추적 에너지문제 해결 활동에 참여한 학습자들의 각 단계별 학습결과를 바탕으로 연구 참여자들을 8가지 하위 범주로 분류하고 이를 다시 공통분모별로 묶어 지식형, 논리형, 이해형, 창의형의 네 가지 유형으로 압축하였다. 이러한 유형별로 연구에 참여한 학생들에 대한 빈도수를 보면 지식형, 논리형, 이해형, 창의형 순으로 나타났다. 이러한 유형별 분석 결과, 유추적 에너지문제 해결책을 도출하는 과정에서 각 단계의 여러 조건에 따라 학습자들이 어떤 학습 패턴을 보이는지 확인할 수 있었다. 또한, 앞으로 이러한 패턴별 특성을 적절히 활용한다면 더욱 효과적인 유추적 에너지문제 해결 과정을 설계할 수 있을 것으로 기대된다.

제 2 절 연구 결론과 에너지교육 시사점

이 연구에서의 연구 문제는 다음의 세 가지이다. 첫째, 학습자들의 유추적 에너지문제 해결 과정은 어떠한 단계를 거쳐 진행되는가이다. 둘째, 어떠한 요인들이 학습자들의 유추적 에너지문제 해결 과정에 영향을 미치는가이다. 셋째, 학습자들의 유추적 에너지문제 해결 과정을 향상시키기 위한 방법은 무엇인가이다.

먼저 첫 번째 연구 문제에 대하여 초등학교 6학년 학생들을 대상으로 연구를 진행한 결과, 학습자들의 유추적 에너지문제 해결 과정을 크게 표적문제 이해, 유사성 대응, 해결책 도출의 3단계로 구분할 수 있었다. 또한 학습자들이 이러한 유추적 에너지문제 해결 과정을 원활히 진행하기 위해서는 각 단계들 사이에 문제 이해 루프와 유사성 대응 루프와 같이 반복 과정이 필요함도 확인할 수 있었다.

다음으로 두 번째 연구 문제에 대한 연구 결과, 학습자들의 유추적 에너지문제 해결 과정에 영향을 미치는 여러 가지 요인들을 찾을 수 있었다. 예를 들면, 사람들의 편리 추구, 에너지문제에 대한 인식 부족, 에너지문제 해결을 위한 실천 부족 등 에너지문제가 심각하게 된 원인을 이해하는 것이 이후 유추적 사고를 통하여 에너지문제에 대한 해결책을 찾는 데 중요한 영향을 줄 수 있다. 또한, 사람들의 행동, 기술, 제도 등 사람들의 에너지문제와 관련된 요인들을 이해하는 것도 유추적 사고를 통하여 에너지문제를 해결하는 과정에 간접적으로 영향을 줄 수 있다. 그리고 새들의 에너지문제 해결책의 원리에 대한 이해가 선행될 때 구조 유사성을 바탕으로 에너지문제 해결책을 성공적으로 도출할 수 있으므로 이러한 바탕문제의 원리를 이해하는 것도 유추적 에너지문제 해결 과정에 영향을 미치는 주요 요인이라고 할 수 있다.

마지막으로 세 번째 연구 문제에 대한 연구 결과, 학습자들이 유추적 사고를 통하여 에너지문제 해결책을 더욱 효과적으로 찾을 수 있는 방법들을 확인할 수 있었다. 첫째, 학습자들의 사람들과 새들의 에너지문제에 대한 이해도가 이후 에너지문제 해결책을 찾는 과정에 중요한 영향을 미

친다는 점을 확인할 수 있었다. 따라서 학습자들의 유추적 문제해결 능력을 높이기 위해서는 해당 문제와 관련하여 어느 정도의 사전 지식 또는 사례 제시가 선행될 필요가 있다는 함의를 도출할 수 있었다. 둘째, 학습자들이 표적문제와 바탕문제 사이의 유사성을 파악한 결과를 구조 유사성 측면에서 국소 대응에서 부분 대응, 일대일 대응으로 구분할 수 있으며 이를 통하여 유사성 찾기의 질적 수준을 알 수 있었다. 특별히 유사성 찾기의 질적 수준이 높은 학습자들이 성공적으로 문제해결책도 찾아낸 결과를 볼 때 학습자들이 표적문제와 바탕문제 사이의 구조 유사성을 정확히 파악할 수 있도록 학습유도가 필요하다. 셋째, 학습자들이 유추적 사고를 통하여 에너지문제 해결책을 잘 찾기 위해서는 이미 알고 있는 바탕문제의 해결책의 원리에 대하여 명확히 이해할 필요가 있다. 특히 유추적 에너지문제 해결 과정은 표면 유사성이 적은 서로 다른 존재들 간의 유사성 대응을 수행하는 과정이므로 바탕문제 해결책의 기본 원리에 대하여 명확한 이해가 있어야 이후 표적문제의 해결책 도출 과정에서 더욱 창의적인 해결책을 생성할 수 있을 것이다. 넷째 학습자들은 스스로 찾아낸 에너지문제 해결책의 실제 적용가능성에 대하여 판단하는 것이 어렵다는 점을 알 수 있었다. 유사한 요소들 간의 대응을 통하여 문제 해결책을 찾아내는 경우 실제 적용가능성까지 함께 고려하지 않는 경우가 있으므로 이에 적절한 교수자의 도움이 필요할 것으로 보인다. 다섯째, 학습자들이 도출한 문제 해결책은 초기 단계에서는 논리성이 상대적으로 부족한 경우가 많으므로 반복적인 사고를 통하여 문제해결책의 논리성을 높이는 과정이 필요하다. 이 때 교수자와의 문답을 통하여 스스로 문제해결책의 내적 논리성을 향상시킬 수 있다. 마지막으로 학습자들이 유추적 에너지문제 해결과정에서 문제해결책을 찾을 수 있는 능력을 높이기 위해서는 바탕문제와 표적문제 사이의 유사성에 대한 반복적인 사고가 필요하다. 이 연구에서의 정의한 문제 이해 루프와 유사성 대응 루프를 통하여 표적문제에 다가갔다가 이후 바탕문제로 돌아오고 나서 다시 바탕문제에서 멀어져 표적문제로 가까이 접근하는 사고의 반복 과정이 자유롭게 진행된다면 더욱 창의적이고 실용적인 문제해결책을 도

출할 수 있을 것이다.

또한, 지식형, 논리형, 이해형, 창의형 등 유추적 에너지문제 해결 과정에 참여하는 학생들의 유형에 따라 해결책 도출을 향상시키기 위한 방법들도 파악할 수 있었다. 먼저 지식형 학습자들의 경우 유추적 에너지문제 해결을 잘 하기 위해서는 유사성 찾기를 위한 시간을 충분히 가지고 다양한 사례를 소개하여 에너지문제와 관련된 여러 가지 요인들을 이해할 수 있도록 하는 것이 중요하다. 두 번째 논리형 학습자들에게는 새들의 에너지문제와 같은 바탕문제의 해결책과 관련된 원리들을 명확히 이해하도록 상세한 설명을 추가하는 것이 에너지문제 해결책을 찾는 데 도움이 될 것으로 보인다. 세 번째 이해형 학습자들을 위해서는 실제로 생물모방과 같은 유추적 사고를 통하여 다양한 발명품들을 만든 사례를 소개하고 이러한 발명품들을 만들어낸 유추적 사고에 대하여 좀 더 세부적으로 살펴보는 시간을 갖는 것이 중요함을 확인할 수 있었다.

이상의 내용들을 요약하면, 이 연구에서는 근거이론방법을 통하여 유추적 에너지문제 해결 과정에 대한 단계적 진행 과정과 이에 영향을 미치는 요인들, 이러한 에너지문제 해결 과정을 더욱 향상시킬 수 있는 방법들을 파악한 결과, 유추적 사고가 학습자들로 하여금 새들의 효율적인 에너지 이용 방법으로부터 우리가 당면한 에너지문제를 해결할 수 있는 아이디어를 개발하는 데 기여할 수 있다는 결론에 이를 수 있었다.

또한, 이러한 연구 결과를 바탕으로 할 때, 유추적 사고를 통하여 에너지문제에 대한 해결책을 도출하는 과정을 현재 초등학교에 교과과정에 다음과 같이 다양하게 적용할 수 있다. 첫 번째, 과학 교과서에서 등장하는 생물모방 사례를 유추적 사고와 함께 연결시키는 것이 가능하다. 현 교과서에는 단지 사례만을 소개하였지만 이 연구과정에서 6학년 학생들이 간단한 원리는 쉽게 이해하는 것을 확인하였다. 따라서 5, 6학년 등 고학년 교과과정에 생물모방 사례와 그 원리를 소개하고 여기에 유추적 사고의 개념을 같이 소개하면 좋을 것이다. 두 번째, 실과 시간에 유추적 사고를 통한 창의적 기술을 도출하는 활동과 함께 연결시키는 것이 가능하다. 실제로 유추적 사고는 과거로부터 창의적 발견을 해내는 생각의

도구로 이용되어 왔다. 따라서 실과 시간에 학습자들로 하여금 유추적 사고를 통하여 새로운 기술이나 아이디어를 찾도록 하는 것이 가능하다(<표 2-3> 참조). 세 번째, 사회 과목의 지속가능한 발전과 관련된 단원에 이러한 유추적 에너지문제 해결책 도출 과정을 이용하는 것이 가능하다. 지구상의 생물들은 수십 억 년 동안 이 지구의 환경에 최적화된 생활을 해오며 가장 에너지를 효율적으로 사용하고 있는 존재라고 할 수 있다. 따라서 유추적 사고를 통하여 이러한 생물들의 에너지이용으로부터 우리 사회의 지속가능하지 않은 문제점들을 해결하기 위한 방안을 도출하는 것은 매우 효과적일 것이다. 마지막으로 이 연구에서는 과학, 사회 등 여러 가지 교과 과정에 유추적 에너지문제 해결 과정을 다양하게 활용할 수 있도록 앞의 연구 결과를 바탕으로 유추적 에너지문제 해결 과정을 위한 표준 지도안을 개발하였다²⁷⁾(<부록> 참조). 특히 2015 개정 초등학교 교육과정 중 과학 6-2 교육과정에서는 생물이 에너지를 효율적으로 사용하는 사례를 조사하고 친환경적이고 효율적인 에너지의 이용 방법을 모색하도록 하고 있어 이 연구 결과에 따른 유추적 에너지문제 해결 표준 지도안을 유용하게 사용할 수 있을 것이다.

27) 유추적 에너지문제 해결 학습을 위한 지도안은 환경과생명을지키는전국교사모임(2007)의 환경문제 해결 학습을 위한 환경 교과서의 지도안 틀을 참조하였다.

제 3 절 연구의 의의 및 한계

이 연구는 기존의 유추적 문제해결 접근법을 에너지문제의 해결에 적용하여 학습자들 스스로 생물들의 효율적 에너지 이용 방법으로부터 우리가 당면한 에너지문제를 해결할 수 있는 아이디어를 도출하는 과정을 근거이론방법을 통하여 분석하였다는 데 큰 의의가 있다. 특히, 기존의 유사한 연구들이 유추적 사고를 주로 교과서에 나오는 어려운 개념의 이해를 돕기 위하여 활용하였다고 한다면 이 연구는 유추적 사고를 실제적이고 창의적인 문제해결 방법에 활용하여 에너지교육에서의 유추적 사고의 적용 범위를 한 차원 높였다고 할 수 있다. 또한, 질적 분석을 통하여 유추적 문제해결 과정에 참여하는 학습자들이 각 단계에서 바탕문제를 어느 정도 잘 이해하고 유사성 찾기와 표적문제의 해결책을 찾는 과정에서 어느 정도 창의성과 실용성을 추구하고 있는지에 대한 세부 평가를 진행함으로써 기존 논문의 양적 분석 결과에 대한 보완이 되었다고 할 수 있다. 이와 더불어 유추적 사고 과정에서 다양한 개입과 사고과정의 체계화를 통하여 학습자들의 문제해결책 도출 능력을 더욱 향상시킬 수 있음을 확인하여 유추적 문제해결 방법의 활용가능성을 높이는 데에도 기여하였다고 말할 수 있다.

그럼에도 불구하고 이 연구는 다음과 같은 한계점을 갖고 있다. 첫째, 이 연구에서는 질적 연구방법의 하나인 근거이론방법을 적용하여 유추적 에너지문제 해결 과정을 도식화하였다. 즉, 에너지문제 해결이라는 현상을 중심으로 인과 조건, 중재 조건, 맥락 조건 등의 여러 조건들을 연결하여 하나의 패러다임 모형을 구축하였다. 근거이론방법의 특성 상 현장에서 수집한 활동지 기록과 면접 자료를 기반으로 유추적 에너지문제 해결 과정에 대한 이론화를 시도하였지만 각 구성 요소들의 인과 관계의 정확성을 위하여 별도의 추가 검증이 보완되어야 할 것이다.

둘째, 이 연구에서는 초등학생 6학년을 대상으로 유추적 에너지문제 해결 과정을 살펴보았다. 따라서 이러한 연구 결과를 일반적인 유추적 에너지문제 해결 과정에 동일하게 적용하는 것에는 한계가 있다. 예를

들면, 개방코딩에서 에너지문제와 관련된 요인들이나 에너지문제 해결책에 영향을 미치는 조건들을 다루었는데 이는 연구 대상자들에 따라 다양한 현상들이 나올 수 있다. 또한 에너지문제 해결책들에 있어서도 연구 참여자가 고학년일수록 더욱 창의적이고 실용적인 아이디어들이 나올 수 있으므로 이에 따라 좀 더 세부적인 자료 분석이 가능할 것이다. 그에 따라 연구에 참여하는 학습자들의 유형도 더욱 다양해질 수 있다. 따라서 이후 연구에서는 좀 더 다양한 학습자를 대상으로 유추적 에너지문제 해결 과정을 분석할 필요가 있다.

셋째, 이 연구에서는 바탕문제인 생물들의 효율적 에너지 이용방법 중에서 특별히 새들의 에너지 이용방법에 초점을 맞추었다. 이는 다양한 자연환경에서 서식하는 새들의 효율적 에너지 이용방법으로부터 사람들의 에너지문제와의 유사성을 찾아내려는 의도였다고 할 수 있다. 하지만 이후 연구에서는 더욱 다양한 생물들의 효율적 에너지 이용 사례를 활용할 필요가 있다. 에너지 이용 측면에서 극심한 환경에 처한 생물일수록 우리들의 에너지문제를 위한 우수한 해결책을 갖고 있을 확률이 높기 때문이다.

넷째, 이 연구에서는 교수자의 입장에서 유추적 에너지문제 해결 과정을 접근하였다. 특별히 학습자들이 유추적 에너지문제 해결 과정에 원할히 참여할 있도록 활동지를 만들어 사용하였다. 그리고 이러한 활동지의 내용 순서에 따라 학습자들에게 사람들의 에너지문제, 새들의 효율적 에너지 이용방법, 이들 간의 유사성 대응을 통한 에너지문제 해결책 도출 등을 진행하였다. 따라서 향후 이러한 유추적 문제해결 과정의 활용가능성을 높이기 위해서는 유추적 문제해결 활동지를 포함한 전반적인 문제해결 과정에 대한 학습자들의 의견을 반영하여 유추적 에너지문제 해결 과정을 더욱 발전시킬 필요가 있다.

마지막으로 이 연구에서는 학습자들이 개발한 에너지문제 해결책에 대한 추가적인 정교화작업이 미흡하였다. 학습자들이 유추적 에너지문제 해결과정을 통하여 다양한 친환경 에너지 기술을 에너지문제 해결책으로 도출하였지만 학습자들이 갖고 있는 기초 지식이나 정보의 한계로 더욱

정교화된 친환경 에너지 기술에 대한 아이디어 개발이 충분하게 이루어지지 못하였다. 이후 연구에서는 학습자들 스스로 도출한 해결책에 대하여 추가적인 자료 조사를 통하여 더욱 구체화하는 작업을 진행한다면 유추적 에너지문제 해결 과정의 효과성을 더욱 높일 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 교육부(2018). 2015 개정 교육과정 교과용 도서 연수 교재.
- 김도훈, 조혜령, B.D.M.C.S.Wijethunga, 손용훈(2013). 농촌지역 활성화를 위한 불문투어리즘 발전방안 - 우프코리아 참여활동의 근거 이론적 해석. 농촌계획, 19(2), 149~162
- 김미란, 김정화, 서해연, 왕현정, 김찬국(2015). 에너지 소양에 근거한 초등 에너지 교육 교재 분석. 에너지기후변화교육, 5(2), 91~102.
- 김미현(2001). 바탕문제 학습 조건이 자발적 유추전이에 미치는 효과. 고려대학교 대학원 박사학위논문.
- 김민환, 권혁순, 김유정, 노태희(2017). 고등학생이 이온 결합에 대해 생성한 비유의 특징 분석-학생의 인지적 특성에 따른 비유의 특징 비교. 한국과학교육학회지, 37(1), 39~48.
- 김성희, 이영준, 이상원(2016) 초등학교 에너지 절약 교육용 앱 개발. 서울교육대학교 한국초등교육 제27권 제1호 67~94.
- 김영민, 서혜애, 박종석(2013). 잘 알려진 창의적 과학자들의 과학적 문제 발견 패턴 분석. 한국과학교육학회지, 33권 7호, 1285~1299
- 김원숙, 김영민, 서혜애, 박종석(2013). 창의적 과학자 토마스 영(T. Young)의 빛의 간섭 이론 형성과정에서의 비유추론을 통한 문제해결과 과학창의성 교육적 함의. 영재교육연구, 제23권 제5호, 817~833
- 김자영(2010). 유추를 활용한 사회과 수업방법에 관한 연구. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 김희정, 조연순(2001). 초등학생의 광합성 개념학습에서 TWA 비유 수업 모형의 효과. 한국과학교육학회지, 21(2), 444~458.
- 남미경(2016). 자연생태계를 활용한 효율적 에너지 생산 및 절감 제품디자인 연구. 한국디자인문화학회지, 22(3), 143~156.
- 남미리, 이응경, 이도원(2014). 속담을 통한 전통 생태 지식 수업이 초등학생의 유추적 사고에 미치는 영향. 환경교육, 27(2), 207~216.
- 박선영(2017). 2015 개정 교육과정에 따른 자연모방 기술의 학습. 현장과

- 학교교육, 11(3), 408~419.
- 박선아(2009). 에너지교육이 초등학생의 에너지 절약태도에 미치는 영향. 서울교육대학교 대학원 석사학위논문.
- 반은섭(2012). 수학적 문제 해결에 있어서 시각적 표상을 통한 유추의 역할. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 서울대 사회정의연구실천모임(2005). 현대사회와 과학문명. 나남출판.
- 서재천(1997). 유추법을 이용한 창의성 교육에 대하여. 사회과학교육연구, 제2호, 35~54.
- 송신철, 심규철(2010). 생명공학기술에 대한 고등학교 학생들의 인식조사 연구. 환경교육, 23(1), 99~111.
- 신영준(2017). 2015 개정 교육과정에 제시된 적정기술, 지속 가능 발전, 기후변화, 에너지 교육 내용 분석. 에너지기후변화교육 7(1), 15~23.
- 양찬호, 김경순, 노태희(2010). 과학 수업에서 비유의 사용 방식이 학생들의 개념학습에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 30(8), 1044~1059.
- 윤혜경, 정용욱(2017). 한국, 미국, 영국, 싱가포르의 과학 교육과정 비교 - 에너지 개념을 중심으로. 한국과학교육학회, 37(5), 799~812.
- 이광숙(2016). 자살시도 경험 후 고령노인의 레질리언스에 관한 근거 이론적 접근. 한림대학교 대학원 박사학위논문.
- 이동원, 김만곤, 이면우, 김희필(2013). 화력에너지에 대한 초중·고등학생의 인식 및 교육 실태 분석. 한국실과교육학회지 26(1), 233~247.
- 이명자(1996). 유추적 추리와 문제해결의 전이. 한국과학교육학회, 제16권 4호, 470~476.
- 이한분(2006). 중학교 환경 교육과정에서의 에너지 절약 실태와 에너지 절약 인식에 관한 연구. 연세대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 임해진, 이상원(2011). 에너지 캠페인 환경교육이 초등학생의 환경친화적 태도에 미치는 영향. 환경교육 24(2), 70~85.
- 전영석(2014). 초등학교 교육과정 및 교과서에 제시된 에너지 교육 내용 분석: 2007 개정, 2009 개정 초등학교 과학과, 사회과, 도덕과, 실과 교육과정을 중심으로. 에너지기후변화교육 4(1), 23~34.

- 조연순, 이명자(2017). 문제중심학습의 이론과 실제 - 문제개발부터 수업 적용까지. 학지사.
- 천은주, 최돈형(2008). 초등학교 교과서의 신·재생 에너지 교육 내용 분석 및 교재 개발. 환경교육 21(1), 70~81.
- 최돈형, 박태윤, 노경임, 손연아, 손정우, 전영석(2001). 초등학교 에너지 절약교육 현황 조사 연구. 환경교육 14(1), 145~165.
- 최돈형, 이양락, 노석구, 홍미영, 심규철(1994). 중학교용 에너지 교육 자료 개발 연구. 환경교육 7, 46~87.
- 최종혁(2011). 질적연구 방법론: 근거이론과 수정근거이론의 실제. 도서출판 신정.
- 한승호, 김남수, 문지현(2017). 중고등학생들의 적정기술 특성에 관한 이해 연구. 에너지기후변화교육 7(1), 1~13.
- 한승호, 윤순진(2017). 에너지 교육에서의 유추적 문제해결방법 활용 가능성 탐색. 에너지기후변화교육 7(1), 25~37.
- 홍병선(2010). 과학기술문명의 본질과 환경문제 - 진보와 파괴의 딜레마. 철학논총 62, 423~438.
- 홍성엽, 이철호(2013). 생체모방에 기반한 지속가능한 디자인에 대한 연구. 한국과학예술포럼 14, 539~548.
- 홍우영, 정석(2018). 근거이론을 활용한 재건축사업 정비구역 내 주민의 찬반 입장변화과정 분석. 서울도시연구, 19(1), 41~62.
- 환경과생명을지키는전국교사모임(2007). 21세기 생태평화를 위한 환경 교과서. 알마.
- Barrows, H. S. (2000). *Problem-based learning applied to medical education*. Southern Illinois University School of Medicine.
- Bearman, C. R., Ball, L. J., & Ormerod, T. C. (2002). An exploration of real-world analogical problem solving in novices. *Proceedings 24th Conference of the Cognitive Science Society*.
- Bransford, J. D. et al. (2000). *How people learn: brain, mind, experience, and school*. National Academy Press.

- Chan, J., Paletz, S. B. F., & Schunn, C. D. (2012). Analogy as a Strategy for Supporting Complex Problem Solving Under Uncertainty. *Psychonomic Society, Inc.*
- Charmaz, K. (2014). *Constructing Grounded Theory*. SAGE.
- Craft, A., Gardner, H., & Claxton, G. (2008). *Creativity, Wisdom, and Trusteeship: Exploring the Role of Education*. Corwin Press.
- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*(3rd edition). SAGE Publications.
- Deleage, J. P., & Souchon, C. (1986). Energy: an interdisciplinary theme for environmental education. UNESCO-UNEP.
- Delisle, R. (1997). *How to Use Problem-Based Learning in the Classroom*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- DeWaters, J. E. (2011). *Energy Literacy and the Broader Impacts of Energy Education among Secondary Students in New York State*. Doctoral Dissertation, Clarkson University.
- DeWaters, J. E., & Powers, S. E. (2011). Energy literacy of secondary students in New York State (USA): A measure of knowledge, affect, and behavior. *Energy Policy*, 39, 1699~1710.
- Dewey, J. (1916). *Democracy and education : an introduction to the philosophy of education*. Macmillan.
- Dias, R. A., Mattos, C. R., & Balestieri, J. A. P. (2004). Energy education: breaking up the rational energy use barriers. *Energy Policy*, 32, 1339~1347.
- Duit, R. (1991). On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. *Science Education*, 75(6), 649~672.
- Eadie, L., & Ghosh, T. K. (2011). Biomimicry in textiles: Past, present and potential. an overview. *J. R. Soc. Interface*, 8, 761~775.
- Fowler, J. M. (1981). Energy Education and the Environment. *Journal Environment: Science and Policy for Sustainable Development*,

Volume 23, 1981 - Issue 4.

- Fenwick, C., Chaboyer, W., & St John, W. (2012). Decision-making processes for the self management of persistent pain: A grounded theory study. *Contemporary Nurse*, 42(1), 53~66.
- Gavetti, G., Levinthal D. A., & Rivkin, J. W. (2005). Strategy making in novel and complex worlds: The power of analogy. *Strategic Management Journal Strat, Mgmt, J.*, 26, 691~712.
- Gentner, D. (1983). Structure-Mapping: A theoretical framework for analogy, *Cognitive Science*, 7, 155~170.
- Gentner, D. & Holyoak, K. J. (1997). Reasoning and learning by analogy: introduction. *American Psychologist*, 52(1), 32~34.
- Gentner, D. & Markman, A. B. (1997). Structure mapping in analogy and similarity. *American Psychologist*, 52(1), 45~56.
- Gentner, D., Loewenstein, J., & Thompson, L. (2004). Analogical encoding: facilitating knowledge transfer and integration. *Proceedings of the 26th Annual Meeting of the Cognitive Science Society*.
- Gick, M. L. & Holyoak, K. J. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, 12, 306~355.
- Glynn, S. (2007). The Teaching-With-Analogies Model - Build conceptual bridges with mental models. *Science and Children*, April/May 2007, 52~55.
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Transaction Publishers. [이병식 박상욱, 김사훈 공역(2011). 근거이론의 발견: 질적 연구 전략. 학지사]
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (1993). Teaching with Analogies: A Case Study in Grade-10 Optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1291~1307.

- Herfel, W., Rodrigues, D., & Gao, Y. (2017). Chinese Medicine and The Dynamic Conceptions of Health and Disease. *Journal of Chinese Philosophy*, 34(s1) 57~79.
- Holyoak, K. J. & Thagard, P. (1997). The analogical mind. *American Psychologist*, 2(1), 35~44.
- Hofstadter D., & Sander E. (2013). *Surfaces and Essences - Analogy as the Fuel and Fire of Thinking*. Basic Books.
- Kandpal, T.C., & Garg, H.P. (1999). Energy Education, *Applied Energy*, 64(1999) 71~78.
- Kolodner, J. L. (1997). Educational implications of analogy. *American Psychologist*, 52(1), 57~66.
- Lee, L. S., Lee, Y. F., Altschuld, J. W., & Pan, Y. J. (2015). Energy literacy: Evaluating knowledge, affect, and behavior of students in Taiwan. *Energy Policy*, 76, 98~106.
- Levin, B. B. ed. (2001). *Energizing teacher education and professional development with problem-based learning*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Marshall, A. & Thorburn, M. (2014). Cultivating practical wisdom as education. *Educational Philosophy and Theory*, 45(14), 1541~1553.
- Magnani, L. (2001). *Abduction, Reason, and Science - Processes of Discovery and Explanation*. Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Magnani, L., Carnielli, W., & Pizzi, C. (2010). *Model-Based Reasoning in Science and Technology - Abduction, Logic, and Computational Discovery*. Springer.
- Matteucci, X., & Gnoth, J. (2017). Elaborating on grounded theory in tourism research. *Annals of Tourism Research*, 65 (2017) 49~59.
- Morita, J., Nagai, Y., & Taura, T. (2007). Learning support for composition ability: Surface and structural similarity. *International Conference on Engineering Design*.

- Newborough, M., Probert, S. D., & Page, P. A. (1991). Energy education in the UK – Problems and perspectives. *Energy Policy*, Vol.19(7), 659~665.
- Ntona, E., Arabatzis, G., & Kyriakopoulos, G. L. (2015). Energy saving: Views and attitudes of students in secondary education. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 46(2015) 1 - 15.
- O'Donnell, A. M., Reeve, J., & Smith, J. K. (2007). *Educational psychology : reflection for action*. John Wiley & Sons.
- Orr, David W. (1994) *Earth in mind*. Island Press.
- Palmer, Joy A. (1998). *Environmental Education in the 21st Century*. Routledge.
- Perkins, J. H., Middlecamp, C., Blockstein, D., Cole, J. R., Knapp, R. H., Saul, K. M., & Vincent, S. (2014). Energy education and the dilemma of mitigating climate change. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, Vol.4(4), 354~359.
- Root-Bernstein, R., & Root-Bernstein, M. (1999). Sparks of Genius: The Thirteen Thinking Tools of the World's Most Creative People. Houghton Mifflin Company. [박종성 역. (2007). 생각의 탄생. 에코의 서재]
- Shu, L. H. (2006). Using biological analogies for engineering problem solving and design. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association*.
- Schumacher, E. F. (1973) *Small is beautiful: economics as if people mattered*. Harper & Row.
- Strauss, A., & Corbin, J. (1998) *Basics of Qualitative Research*. Sage Publications.
- Treagust, D. F., Harrison, A. G. & Venville, G. J. (1996). Using an analogical teaching approach to engender conceptual change. *International Journal of Science Education*, 18:2, 213~229.

- UNESCO & UNEP. (1987). *International strategy for action in the field of environmental education and training for the 1990s*.
- US Department of Energy. (2012). *Energy Literacy: essential principles and fundamental concepts for energy education*.
- Visser, W. (2009). *Landmarks for sustainability: events and initiatives that have changed our world*. Greenleaf Publishing Limited.
- Zhang, H., Sun, Y., Gao, Z., & Wang, Y. (2014). A Disturbance Rejection Framework for the Study of Traditional Chinese Medicine. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Volume 2014, 8 pages
- Amos, J. (2010). Arctic tern's epic journey mapped. BBC. Retrieved from <http://news.bbc.co.uk/2/hi/sci/tech/8451908.stm>(2018년 12월 12일 검색)
- AskNature Team. (2016). Feathers trap air to provide warmth: Emperor Penguin. AskNature. Retrieved from <https://asknature.org/strategy/feathers-trap-air-to-provide-warmth/> (2017년 3월 14일 검색)
- China Internet Information Center. Philosophical Basis of Traditional Chinese Medicine. Retrieved from <http://www.china.org.cn/english/MATERIAL/185381.htm> (2018년 8월 8일 검색)
- Cunningham, N. (2014). The 10 Worst Energy-Related Disasters Of Modern Times, OilPrice.com. Retrieved from <https://oilprice.com/Energy/Energy-General/The-10-Worst-Energy-Related-Disasters-In-History.html>.(2018년12월1일 검색)
- NBC News. (2009). Toucan is one cool bird thanks to its big beak. Retrieved from http://www.nbcnews.com/id/32107943/ns/technology_and_science-science/t/toucan-one-cool-bird-thanks-its-big-beak/(2019년 1월 16일 검색)
- Sandalow, D. (2013). Energy Innovation and Fractals. Columbia

University. Retrieved from

<https://energypolicy.columbia.edu/sites/default/files/energy%20innovation%20and%20fractals.pdf>(2019년 1월 21일 검색)

Stanford Encyclopedia of Philosophy. (2015). Chinese Philosophy and Chinese Medicine. Retrieved from

<https://plato.stanford.edu/entries/chinese-phil-medicine/>(2018년 8월 3일 검색)

[부록] 유추적 에너지문제 해결 과정을 위한 표준 지도안

1. 에너지문제 해결 새들에게 배우자

I. 수업 목표

1. 우리 사회가 겪고 있는 에너지문제들을 설명할 수 있다.
2. 그러한 에너지문제가 일어나는 원인들을 찾아낼 수 있다.
3. 우리 사회가 겪고 있는 에너지문제가 심각함을 인식한다.

II. 준비물

활동지, 에너지문제 관련 동영상 및 프리젠테이션

III. 학습 활동

1. 도입

- 1) 유추적 에너지문제 해결 활동을 위하여 1인 또는 모둠(2~3인)을 구성한다.
- 2) 우리 사회의 에너지문제에 대한 동영상을 시청한다.
- 3) 교사는 우리 사회의 수송, 난방, 냉방 관련 에너지문제를 설명한다.



2. 전개

- 1) 이러한 에너지문제가 심각하다고 생각하는지 함께 이야기한다.
- 2) 이러한 에너지문제가 일어나는 원인들에 대하여 이야기한다.
- 3) 각각의 에너지문제에 해결할 수 있는 방법에 대하여 활동지에 작성한다.

에너지문제	에너지문제 해결 방법

3. 평가 및 정리

- 1) 개인 또는 모둠 별로 에너지 문제해결 방법에 대하여 발표한다.
- 2) 교사는 각 발표내용에 대하여 보완 또는 수정 의견을 제시한다.
- 3) 발표가 끝난 후 마지막으로 교사는 에너지문제의 심각성과 그 원인, 해결 방법에 대하여 전체적인 평가를 한다.

IV. 지도상의 유의점

1. 학생들에게 우리들이 겪고 있는 에너지문제의 심각성을 이야기할 때 의도적으로 심각하다고 생각하도록 유도하는 것은 피한다.
2. 학생들이 에너지문제 해결책을 적을 때 이전 수업시간에 배운 내용이나 다른 매체를 통하여 얻은 지식을 자유롭게 적도록 유도한다.
3. 이 수업의 목적은 유추적 사고를 통하여 새들로부터 사람들의 에너지문제 해결책을 찾는 것이므로 1차시에서 에너지문제 해결책을 찾는 것은 3차시에서 찾은 에너지문제 해결책과 비교하기 위해서임을 기억한다.

2. 에너지문제 해결 새들에게 배우자

I. 수업 목표

1. 새들이 겪고 있는 에너지문제들을 설명할 수 있다.
2. 새들이 효율적 에너지 이용방법을 설명할 수 있다.
3. 우리와 새들의 에너지문제 사이의 유사점을 설명할 수 있다.

II. 준비물

활동지, 새들의 효율적 에너지이용 관련 동영상 및 프리젠테이션

III. 학습 활동

1. 도입

- 1) 새들의 효율적 에너지 이용방법에 대한 동영상을 시청한다.
- 2) 교사는 새들의 이동, 난방, 냉방 관련 효율적 에너지 이용방법을 설명한다.



북극제비갈매기



황제펭귄



토코투칸

2. 전개

- 1) 이러한 새들과 사람들의 에너지문제 사이의 유사점을 함께 이야기한다.
- 2) 각 새들과 사람들의 에너지문제와의 유사점과 차이점을 찾아 활동지에 작성한다.

구분	사람	새[북극제비갈매기, 펭귄, 토코투칸]
유사점		
차이점		

- 3) 이러한 새들이 에너지문제를 해결하기 위하여 어떻게 에너지를 효율적으로 이용하는지 함께 이야기한다.
- 4) 교사는 학생들이 새들의 효율적 에너지 이용방법을 이해하였는지 확인하고 이해가 부족하다고 판단될 경우 다시 한 번 충분히 설명하도록 한다.

3. 평가 및 정리

- 1) 개인 또는 모둠 별로 각 새들과 사람들의 에너지문제 사이의 유사점과 차이점에 대하여 발표한다.
- 2) 교사는 각 발표내용에 대하여 보완 또는 수정 의견을 제시한다.
- 3) 마지막으로 교사는 새들과 사람들의 에너지문제 사이의 유사점과 차이점에 대한 발표내용과 새들의 효율적 에너지 이용방법에 대하여 요약한다.

IV. 지도상의 유의점

1. 학생들에게 새들의 에너지 이용 방법을 충분히 이해할 수 있도록 설명한다.
2. 학생들이 새들의 에너지 이용 방법을 효율적이라고 생각하는지 확인한다.

3. 에너지문제 해결 새들에게 배우자

I. 수업 목표

1. 사람들이 새들의 생활 방법으로부터 유용한 기술들을 개발하는 것을 이해할 수 있다.
2. 새들의 효율적 에너지 이용 방법으로부터 우리들의 에너지문제 해결책을 찾을 수 있다.

II. 준비물

활동지, 새들의 생물모방 관련 동영상 및 프리젠테이션

III. 학습 활동

1. 도입

- 1) 교사는 사람들이 새들의 생활 방법으로부터 어떤 기술들을 개발하였는지 설명한다.
- 2) 교사는 새들의 효율적인 에너지 이용 방법으로부터 사람들의 에너지문제 해결책을 찾을 수 있음을 설명한다.



2. 전개

- 1) 학생들은 하여금 앞 시간에 활동지에 적었던 에너지문제를 다시 3차시 활동지에 작성한다.
- 2) 새들의 효율적 에너지 이용 방법으로부터 각 에너지문제에 대한 해결책을 찾아보고 이를 활동지에 작성한다.

에너지 문제	새들로부터 유추한 문제해결 방법

3. 평가 및 정리

- 1) 개인 또는 모둠 별로 새들의 효율적 에너지 이용 방법으로부터 찾은 에너지문제 해결책에 대하여 발표한다.
- 2) 교사는 각 개인 또는 모둠 별로 1차시에 작성한 에너지문제 해결책과 3차시에 작성한 에너지문제 해결책을 비교하도록 한다.
- 3) 교사는 3차시에 작성한 해결책이 논리적이고 실제 생활에 적용이 가능할지 질문하여 구체적인 해결책을 찾을 수 있도록 유도한다.
- 3) 마지막으로 교사는 새들의 효율적 에너지 이용 방법으로부터 찾은 에너지문제 해결책들에 대하여 요약한다.

IV. 지도상의 유의점

1. 학생들에게 수업 목적이 새들로부터 에너지문제 해결책을 찾는 것임을 충분히 이해시킨다.
2. 새들로부터 찾은 에너지문제 해결책에 대하여 세부 질문을 통해 구체화한다.

활동지

에너지문제, 새들에게서 배우자

1. 우리들의 에너지문제는 무엇일까요?

들어가기

오늘날 우리는 열이나 전기 에너지를 많이 소비하여 그 어느 때보다 편리한 생활을 하고 있습니다. 하지만 이 때문에 여러 가지 문제가 생기고 있습니다.



- 첫째, 먼 거리를 가기 위하여 자동차를 많이 타고 다니지만 차에서 연료를 태우고 나오는 매연 때문에 대기오염이 더욱 심해집니다.



- 둘째, 추운 겨울을 따뜻하게 보내기 위하여 난방 보일러를 많이 사용하지만 석탄과 석유 같은 화석연료를 많이 소비하여 기후변화가 더욱 빨라집니다.



- 셋째, 더운 여름을 시원하게 지내기 위하여 에어컨을 많이 켜지만 그만큼 발전소에서 전기를 많이 만들어야 하므로 원자력 발전으로 인한 방사성 폐기물이 더욱 많아 집니다.

탐구활동

이처럼 많은 에너지를 소비하여 우리의 생활은 더욱 편리해졌지만 자연환경은 더 빨리 오염되어가고 자원도 점점 더 부족해지고 있습니다. 우리는 어떻게 해야 할까요? 각각의 에너지문제에 대하여 자신이 생각하는 해결 방법을 한 가지 이상 써보세요.

1

• 에너지문제 : 먼 거리를 가기 위하여 자동차를 많이 타고 다닙니다.

• 문제해결 방법 :

2

• 에너지문제 : 추운 겨울을 따뜻하게 보내기 위하여 난방 보일러를 많이 사용합니다.

• 문제해결 방법 :

3

• 에너지문제 : 더운 여름을 시원하게 지내기 위해 에어컨을 많이 켭니다.

• 문제해결 방법 :

토론하기

1. 자신의 에너지문제에 대한 해결 방법을 친구들과 함께 이야기해 봅시다.
2. 친구들과 각자의 문제해결 방법을 서로 비교하여 우수한 해결책을 한 가지 이상 골라봅시다.
3. 전체 토론 시간에 선정된 문제해결 방법과 선정한 이유를 발표하고 각각의 문제해결 방법의 장단점을 토론해 봅시다.

2. 새들은 자신들의 에너지문제를 어떻게 해결할까요?

들어가기

새들은 먼 거리를 이동하거나 추운 극지방 또는 더운 열대 지방의 날씨를 견디어 내기 위해 에너지를 효율적으로 이용하고 있습니다..



- 북극제비갈매기는 무게가 100그램에 불과한 작은 새이지만 1년 동안 북극과 남극을 오가는 세상에서 가장 먼 거리를 이동하는 새입니다. 북극제비갈매기가 작은 몸집으로 이렇게 먼 거리를 이동할 수 있는 이유는 계절마다 불어오는 바람을 타고 이동하기 때문입니다.



- 지구에서 가장 추운 곳 중 하나인 남극에서 살고 있는 황제펭귄은 영하 40도의 추위 속에서도 자신의 체온을 영상 38도로 유지하며 살아가고 있습니다. 황제펭귄이 이렇게 추운 날씨를 견딜 수 있는 이유는 몸을 덮고 있는 깃털 속에 공기를 저장하여 몸을 보온하기 때문입니다.



- 토코투칸은 검은 깃털에 덮인 채 1년 내내 비가 내리고 기온이 30도 이상 되는 아마존 정글에서 살아가고 있습니다. 하지만 토코투칸은 우리들처럼 더울 때 땀을 흘려 몸을 식힐 수 있는 몸의 구조를 갖고 있지 않다고 합니다. 그럼에도 불구하고 토코투칸이 이렇게 습하고 무더운 날씨를 견딜 수 있는 이유는 큰 부리를 통하여 몸속의 열을 밖으로 내보낼 수 있기 때문입니다.

탐구활동1

이처럼 새들도 우리들처럼 에너지와 관련된 문제들을 갖고 있습니다. 새들과 우리들의 에너지문제들 사이의 비슷한 점과 다른 점을 각각 써보세요.

1	비슷한 점	<ul style="list-style-type: none"> • 북극제비갈매기 : • 사람 :
	다른 점	<ul style="list-style-type: none"> • 북극제비갈매기 : • 사람 :

2	비슷한 점	<ul style="list-style-type: none"> • 황제펭귄 : • 사람 :
	다른 점	<ul style="list-style-type: none"> • 황제펭귄 : • 사람 :
3	비슷한 점	<ul style="list-style-type: none"> • 토코투칸 : • 사람 :
	다른 점	<ul style="list-style-type: none"> • 토코투칸 : • 사람 :

탐구활동2

새들은 에너지가 부족한 자연 조건을 이겨내기 위하여 자신들이 필요한 에너지를 효율적으로 이용하고 있습니다. 새들이 어떻게 에너지를 효율적으로 이용하고 있는지 써보세요.

1	<ul style="list-style-type: none"> • 북극제비갈매기 :
2	<ul style="list-style-type: none"> • 황제펭귄 :
3	<ul style="list-style-type: none"> • 토코투칸 :

정리하기

1. 새들과 우리들의 에너지문제의 비슷한 점과 다른 점을 친구들과 함께 이야기해 봅시다.
2. 새들의 에너지문제 해결 방법에 대하여 친구들과 함께 이야기해 봅시다.
3. 전체 토론 시간에 이러한 해결 방법의 과학적 원리에 대하여 토론해 봅시다.

3. 새들로부터 우리들의 에너지문제 해결책을 찾아봅시다

들어가기

오늘날 많은 사람들이 새들의 사는 방법으로부터 우리들이 겪고 있는 문제들을 해결할 수 있는 방법을 찾고 있습니다.



- 딱따구리는 하루에 부리로 약 12,000번 나무를 쪼아댄다고 합니다. 사람들은 딱따구리가 나무를 그렇게 많이 쪼아도 머리에 큰 충격을 입지 않는 원리를 이용하여 머리를 보호하는 안전모를 발명하였습니다.



- 하늘을 나는 독수리의 날개 끝을 보면 위를 향하여 구부러져 있습니다. 이렇게 날개 끝이 구부러진 이유는 날개 끝에 생기는 소용돌이 바람의 영향을 줄여 더욱 가볍게 날 수 있기 때문입니다. 사람들은 이러한 독수리의 날개 모양과 닮은 비행기를 만들어서 연료 소비량을 줄이고 있습니다.

탐구활동

이처럼 우리들은 새들로부터 우리가 겪고 있는 여러 가지 문제들에 대한 해결 방법을 배울 수 있습니다. 그럼 북극제비갈매기, 황제펭귄, 토코투칸의 에너지 이용 방법으로 부터 오늘날 우리가 겪고 있는 에너지문제들에 대한 해결 방법을 각각 생각해 보세요.

1	<ul style="list-style-type: none"> 에너지문제 : 먼 거리를 가기 위하여 자동차를 많이 타고 다닙니다. 문제 해결방법 :
2	<ul style="list-style-type: none"> 에너지문제 : 추운 겨울을 따뜻하게 보내기 위하여 난방 보일러를 많이 사용합니다. 문제 해결방법 :
3	<ul style="list-style-type: none"> 에너지문제 : 더운 여름을 시원하게 지내기 위하여 에어컨을 많이 켭니다. 문제 해결방법 :

정리하기

1. 자신이 새들로부터 찾은 에너지문제에 대한 해결 방법과 이전에 생각했던 에너지 문제 해결 방법을 서로 비교해 봅시다.
2. 새들로부터 찾은 에너지문제 해결 방법을 친구들과 함께 이야기하고 이를 통해 각자의 에너지문제 해결 방법을 좀 더 이해하기 쉽게 다듬어 봅시다.
3. 전체 토론 시간에 각자 찾은 문제해결 방법을 정리하여 발표하고 이러한 문제해결 방법이 창의적이고 실용적인지 토론해 봅시다.

Abstract

Energy Problem Resolution Processes through Analogical Thinking for Elementary Students: Based on a Grounded Theory

Seung-Ho Han
Interdisciplinary Program in Environmental Education
The Graduate School
Seoul National University

One of the main goals of energy education today is to foster the ability for students to understand and resolve energy problems such as air pollution, Climate Change, and radioactive wastes, as incurred by over-consumption of energy. Few can argue that such energy education should be initiated from the age of elementary students when they start developing preconceptions for social phenomena and lifelong habits. It is however challenging for energy education to develop more effective educational methodologies in that today's elementary school curriculum has not sufficiently been leading students to learn creative and useful skills to resolve complex and various energy issues.

In this context, this research aims to see whether analogical thinking can help students to create ideas of environmentally friendly

energy technologies in response to our energy problems by learning from life's energy efficient solutions. In other words, this research tries to explore educational methods to enable elementary students to find creative and useful solutions to energy problems by looking into the processes where they learn skills to find solutions to energy problems by means of analogical thinking.

To do this, a Grounded Theory Method, one of qualitative research approaches, was taken and then a new learning process of analogical thinking to solve energy problems was developed by theorizing a process of analogical energy problem solving. In doing so, this research went into details of analogical problem solving processes and looked into more effective ways for students to find solutions to energy problems. As a first step, a form for analogical problem solving was developed to enable students to analogize environmentally friendly energy technologies from life' energy solutions on the basis of structural similarity with each other. Using this form, a three-step process of analogical problem solving was implemented from understanding of the base problem and target problem, similarity-finding to development of ideas of environmentally friendly energy technologies and then in-depth interviews were conducted with participating students. In the next step, a new coding was done with the raw data of the prior research from the perspective of structural mapping and additional coding was conducted thereby theorizing a process of analogical energy problem solving, taking into account each specific phases. Consequently, it can be confirmed that analogical thinking can be a useful tool to come up with more specific and creative solutions to energy problems.

The research can also confirm the following ways for students to find solutions to energy problems more effectively: Firstly, it can be

found by coding raw data from the prior research that the understanding of both people and birds' energy problems had a significant influence upon subsequent processes of finding solutions to energy problems. This implies that some prior examples or knowledge can enhance students' capabilities to analogically solve energy problems. Secondly, it was found that students were inclined to find superficial similarity rather than structural similarity if they had difficulty understanding the similarity between the base and target problems. As such, it is suggested that students should be guided to more precisely catch the similarity between the base and target problems. Thirdly, students had difficulty determining practicability of their solutions to energy problems. That is because they focus mainly on mapping of similar elements in finding solutions rather than taking into account their practicability. For this reason, teachers are required to help them to consider the practicability of the solutions thereby finding more useful solutions. Fourthly, it is suggested that repeated thinking should be required to enhance the logic of the solutions because students, in many cases, create illogical solutions at the first time. A dialogue with teachers may improve the logic of the solutions. Finally, repeated thinking on the similarity between the base and target problems can enhance the capabilities of students to find the solutions to energy problems. In doing so, the Understanding Problems Loop and Similarity Mapping Loop, as defined by this research, should be followed repeating conversion to and diversion from the base problem thereby leading to new solutions to energy problems.

As a result of this research, it can be said that analogical thinking is applicable to the elementary school curriculum in helping students find resolutions to energy problems as follows: First, it is possible

that biomimicry examples in the elementary science courses are linked to analogical thinking. This research confirmed grade 6 students can readily understand their basic principles. Thus, the elementary school curriculum, particularly for grade 5 and 6 students can deal with biomimicry example and relevant principles together with the concepts of analogical thinking. Secondly, the practical arts courses can include activities where students come up with an idea of creative technologies based on analogical thinking. In practice, analogical thinking has long been deemed as a useful cognitive tool for creative discovery. It is therefore possible that analogical thinking is used for coming up with new technologies and ideas in the course of practical arts. Thirdly, the process of analogical problem solving can be applied to the unit of sustainable development in the elementary social studies courses. Life has billions of years optimized itself to the earth environment by using energy most efficiently. It is therefore deemed effective to find solutions to our unsustainable society by emulating life's energy-efficient ways through analogical thinking. Finally, this research, as a resulting output, have come up with the standard teaching guidance for analogical problem solving, which can be useful for the elementary school curriculum such as science and practical arts.

Keywords : Energy education, Energy problem, Analogical problem solving, Grounded Theory Method, Biomimicry, Environmentally friendly energy technology

Student Number : 2014-30531